

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Нефти и Газа

Кафедра «Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Петровский Э.А.
подпись инициалы, фамилия
«_____» _____ 2021 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**Разработка гидравлического экспериментального стенда для исследования
гидродинамических технологических устройств**

15.04.02 «Технологические машины и оборудование»

15.04.02.02 «Надежность технологических машин и оборудования
нефтегазового комплекса»

Научный руководитель _____ Э.А. Петровский
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ В.С. Раков
подпись, дата инициалы, фамилия

Рецензент _____
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Красноярск 2021

РЕФЕРАТ

Работа изложена на 75 страницах текстового документа, содержит 27 рисунков, 1 таблицу, 1 приложение, 30 использованных источников и презентационный комплекс – 10 слайдов.

ТУРБУЛЕНТНОСТЬ, ЗАВИХРЕНИЕ ПОТОКА ЖИДКОСТИ, ЗАВИХРИТЕЛЬ, ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ СТЕНД, ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ИСТОЧНИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ.

Магистерская диссертация посвящена вопросам разработки гидродинамического экспериментального стенда для исследования гидродинамического технологического устройства. Данное направление исследования актуально в связи с необходимостью проверки геометрических и других параметров измеряемого устройства не только с помощью программного комплекса, но и с помощью стенда.

В основе работы предложена схема гидродинамического стенда, в основе применения которого, находится цифровая трассерная визуализация.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Автоматизация бурения	8
1.1 Недостатки применения кабельного питания.....	14
1.2 Недостатки аккумуляторных скважинных батарей	21
1.3 Завихритель потока	24
1.4 Патентный обзор.....	25
Выводы.....	51
2 Методы и средства измерения течений жидкости	52
2.1 Турбулентное течение.....	52
2.2 Вихревой расходомер.....	53
2.3 PIV метод.....	55
2.4 LDA измерения	62
2.5 Достоинства и недостатки цифровой трассерной визуализации.....	67
2.6 Определение необходимых параметров для исследования эффективности завихрителя	68
Выводы.....	68
3 Разработка гидродинамического стенда	68
3.1 Выбор насоса.....	68
3.2 Принцип действия стенда	69
Выводы.....	70
Заключение.....	71
Список использованных источников.....	72
Приложение А.....	75

ВВЕДЕНИЕ

Появление современных промышленных технологий в нефтедобывающей отрасли стимулировало развитие автоматизированного оборудования для инженерного сопровождения буровых работ. Так при проводке горизонтальных скважин успешно применяются забойные инклинометрические телесистемы, позволяющие непрерывно отслеживать траекторию построения новой скважины.

Для передачи на наземный регистрирующий комплекс инклинометрической информации о местоположении низа буровой колонны возможно применение электромагнитного, гидравлического, акустического или проводного канала связи.

В процессе длительной эксплуатации забойных телесистем выявлены недостатки, обусловленные невысокой надежностью работы скважинного прибора. Наиболее существенным из них считается малое время межрегламентного периода работ (порядка 40 ч) автономного электромашинного синхронного генератора применяемого в качестве источника электропитания для скважинного прибора.

В результате, исходя из общих замечаний по условиям эксплуатации, в настоящее время существует потребность в разработке надежного источника питания инклинометрической телесистемы.

В целях увеличения эффективности решения данной проблемы необходимо разработать стенд для проведения исследований завихрителя потока рабочей среды.

Целью магистерской диссертации является разработка стенда для проведения исследований заданных параметров завихрителя потока рабочей среды. Для решения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- сбор информации о существующих схемах и устройствах гидравлических стендов;

- оценка и определение необходимых параметров для исследования эффективности завихрителя;
- обзор приборов для измерения заданных параметров;
- разработка схемы стенда с учетом измерения необходимых параметров;

1 Автоматизация бурения

Наклонно-направленное бурение давно стало основным видом бурения как на суше, так и на море при бурении скважин с платформ различных типов. Одновременно с развитием наклонно-направленного бурения существует тенденция повышения требований к точности попадания забоя скважин в заданную точку и к соблюдению проектного профиля скважины. В связи с этим возникает необходимость обеспечения эффективного контроля пространственного положения ствола скважины. При бурении наклонно-направленных скважин применяется комплекс маркшейдерских работ, включающий специальное оборудование, инструмент, приборы, особые технологические приемы, и связанный как с заданием направления ствола скважины, так и с постоянным контролем за положением оси ствола скважины в пространстве. Последнее является задачей инклинометрии [2].

Создание телеметрических систем контроля за положением отклонителя, забойными параметрами ствола скважины в процессе бурения (включая устройства управления режимами бурения) придало значительный импульс научно-техническому прогрессу в области бурения скважин на нефть и газ. В общем случае телеметрические системы осуществляют измерение первичной скважинной информации, ее передачу по каналу связи забой — устье, прием наземным устройством, обработку и представление оператору результатов обработки. Существующие телесистемы включают следующие основные части:

- забойную аппаратуру;
- наземную аппаратуру;
- канал связи;
- технологическую оснастку (для электропроводной линии связи);
- антенну и принадлежности к ней (для электромагнитной линии связи);
- немагнитную УБТ (для телесистем с первичными преобразователями азимута с использованием магнитометров);
- забойный источник электрической энергии (для телесистем с

беспроводной линией связи).

Забойная часть телесистемы включает первичные преобразователи измеряемых параметров, таких как:

- первичные преобразователи (ПП) направления бурения;
- ПП геофизических параметров пристволенной зоны скважины;
- ПП технологических параметров бурения.

К первичным преобразователям направления бурения относятся:

- ПП зенитного угла в точке измерения (α);
- ПП азимута скважины (j);
- ПП направления отклонителя (γ).

К первичным преобразователям геофизических параметров (данных каротажа) можно отнести геофизические зонды, измеряющие:

- КС — кажущееся сопротивление горных пород;
- ПС — самопроизвольную поляризацию;
- гамма-каротаж (гамма естественного излучения горных пород);
- электромагнитный каротаж.

К первичным преобразователям технологических параметров бурения можно отнести датчики, измеряющие параметры процесса бурения:

- осевую нагрузку на долото (G);
- момент (M) реактивный или активный;
- частоту вращения (n) долота;
- давление внутри и снаружи бурильной колонны;

Усложнение процесса бурения стимулирует дальнейшее развитие разработок телеметрических систем. Основными направлениями совершенствования являются: увеличение количества измеряемых и передаваемых на поверхность параметров бурения, скорости передачи информации; создание в забойных устройствах автоматов, самостоятельно управляющих процессом проводки скважин (управляемый отклонитель, прибор корректирования нагрузки на долото и др. механизмы); использование двухсторонней связи забой — устье.

Существенное повышение точности и качества проводки высокотехнологичных скважин невозможно без совершенствования наземного бурового комплекса, способного автономно или при минимальном вмешательстве оператора осуществлять бурение в продуктивном пласте с учетом особенностей его фактического строения[3].

Создание интеллектуально-автоматизированной буровой установки, которая будет контролировать и корректировать работу бурильщика, а в некоторых случаях — осуществлять бурение скважины или выполнение определенных операций в автоматическом режиме, является одним из приоритетных направлений зарубежных и отечественных производителей бурового оборудования.

Инклинометрические измерения в скважинах обычно проводятся аппаратурой, спускаемой на каротажном кабеле после бурения. Аппаратура не испытывает таких вибраций и ударов, как телесистемы в процессе бурения, поэтому требования к датчикам значительно ниже, а использовать их в процессе бурения не представляется возможным из-за невысокой надежности их работы в условиях бурения.

Определение параметров траектории ствола скважины опирается на информацию об углах положения оси скважинного прибора относительно плоскости горизонта (зенитный угол) и плоскости меридиана (азимут), а также знание протяженности скважины (по длине колонны труб или геофизического кабеля). Важным параметром для управления буровым агрегатом является угол отклонителя, т. е. поворот скважинного прибора вокруг оси скважины.

Если рассматривать задачу ориентации скважинного снаряда с теоретических позиций, то для ее решения необходимо задать положение (ориентацию) двух неколлинеарных векторов, ориентация которых, с одной стороны, априорно известна в опорной (базовой) системе координат, а с другой - может быть определена относительно скважинного снаряда. Задание лишь одного вектора не позволит определить ориентацию скважинного снаряда вокруг этого вектора.

Беспроводной канал связи, использующий колонну бурильных труб в качестве одного из проводов линии передачи, по простоте конструкции глубинных и наземных устройств, пропускной способности является наиболее перспективным при организации устойчивой связи забой-устье при турбинном и роторном бурении скважин[4].

Однако дальность действия систем, использующих беспроводной канал связи забой-устье, в значительной мере определяется свойствами геологического разреза скважины. Исследования канала такого типа показали, что расчет канала можно свести к расчету неоднородной длинной линии с распределенными параметрами. Расчет практически заключается в определении уровня полезного сигнала, который может быть зафиксирован на поверхности при соответствующих условиях его передачи с забоя и выделения его на фоне помех.

Наиболее эффективными средствами повышения дальности действия беспроводного канала являются снижение частоты сигнала передачи, применение бурильных труб с улучшенными электрическими характеристиками и согласование забойного передатчика с нагрузкой. Значительный резерв увеличения дальности действия этих систем - снижение уровня помех, что достигается применением узкополосных систем передачи, компенсацией помех и снижением скорости передачи данных измерений.

Применение высокоминерализованных растворов в качестве промывочной жидкости приводит к увеличению дальности канала связи в условиях высокоомного разреза и мало сказывается в условиях низкоомного. И наоборот, применение малопроводящих растворов в условиях низкоомного разреза дает значительный выигрыш в дальности канала связи. Совершенно очевидно, что применение наружных изоляционных покрытий может оказаться существенным для увеличения дальности канала в низкоомном разрезе. Удаление электрического разделителя от турбобура с целью удлинения нижнего излучающего электрода позволяет улучшить согласование передатчика с нагрузкой и при длине нижнего электрода 100 м дает возможность получить

выигрыш в дальности на 10 % в низкоомном разрезе и на 27 % - в высокоомном. Дальнейшее увеличение длины мало влияет на дальность действия канала и нецелесообразно из-за технических трудностей практической реализации.

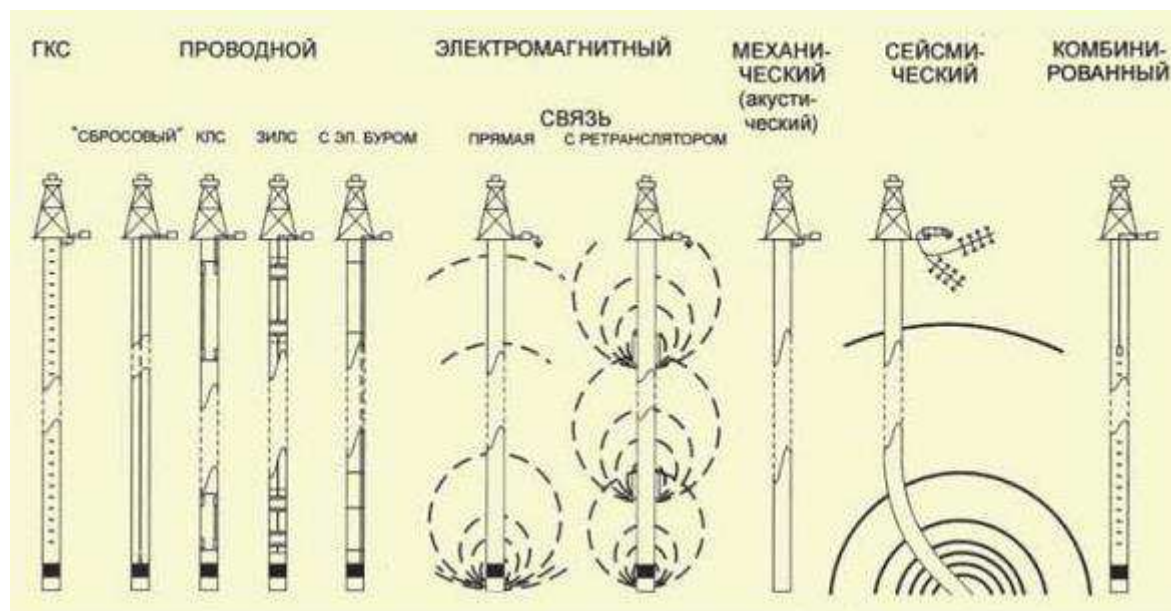


Рисунок 1 – Типы каналов связи

Комбинированный канал связи - это сочетание различных по своей физической сущности каналов связи скважинного прибора с наземной регистрирующей и обрабатывающей аппаратурой. Его использование, несмотря на определенные дополнительные затраты, позволяет избежать недостатков, присущих проводному каналу, с его сложностью монтажа, но обладающего значительной пропускной способностью, и электромагнитному с его простотой в эксплуатации, но ограниченного в дальности действия в условиях низкоомных разрезов. Следует заметить, что использование того или другого вида канала связи определяется геолого-техническими условиями проводки скважин. Так, требование к надежности работы гидравлического канала диктует необходимость чистоты бурового раствора (содержание песка не более 1...2 %), что вызывает определенные трудности в очистке бурового раствора при проводке скважины в суровых климатических условиях. В то же время ограничено применение гидравлического канала при наличии в буровом растворе газа (воздуха и др.), что исключает его использование при бурении

скважин на аэрированных растворах. Сочетания гидравлического и электромагнитного канала, гидроакустического и проводного, электромагнитного и проводного могут быть реализованы в различных телеметрических системах и расширяют область решаемых геологических и технических задач телеизмерительными системами при проводке и эксплуатации горизонтальных скважин[5].

Способы расчета комбинированного канала связи используют описанные ранее приемы и программы для отдельных видов каналов связи, и, в каждом конкретном случае, можно выбрать оптимальный вариант системы.

Таким образом, для определения ориентации скважинного снаряда необходимо измерение или моделирование некоторых векторных величин, которые в принципе могут иметь самую различную физическую природу. Учитывая объект ориентации, в настоящее время возможно использование комбинаций из четырех векторов: вектора силы тяжести, вектора напряженности магнитного поля Земли, вектора угловой скорости суточного вращения Земли и вектора некоторого реперного направления, заданного у устья скважины. Определение угла наклона скважинного снаряда осуществляется по измерениям проекций ускорения свободного падения g на три взаимно перпендикулярные пространственные оси; можно выделить три основных принципа построения инклинометрических систем. Подавляющее большинство инклинометров, применяемых в необсаженных скважинах, построено на этом принципе. Эти приборы не содержат подвижных элементов, отличаются достаточной вибро- и ударостойкостью и работают в широком диапазоне изменения температур [6].

Принцип измерения траектории скважины данной системы следующий: скважинный блок с работающим гироскопом и трехосным акселерометром "протаскивается" по всему стволу скважины и фиксируются все повороты корпуса. Чтобы определить абсолютные значения азимута, необходимо обязательно произвести визирование гироскопа на поверхности по определенному направлению.

Затухание полезного сигнала от забойного передатчика в скважинах различных районов в значительной мере зависит от электрических свойств геологического разреза. Причем чем выше частота передаваемого сигнала, тем больше затухание электромагнитного сигнала в канале.

1.1 Недостатки применения кабельного питания

Питание забойных телесистем возможно тремя способами:

- электропитание с помощью кабеля
- с помощью аккумуляторных батарей
- скважинного электрогенератора

Спуск приборов на кабеле в скважину возможен лишь через некоторое время после вскрытия исследуемых объектов и извлечения бурильных труб. За это время свойства пласта могут значительно измениться под воздействием промывочной жидкости, находящейся в скважине. При определенных условиях бурения и эксплуатации скважин спуск приборов на кабеле вообще невозможен или сопряжен с тяжелыми авариями (в бурящихся наклонных, горизонтальных, восстающих и осложненных скважинах, при опробовании скважин испытателями пластов на бурильных трубах, а также в добывающих скважинах с высоким давлением на устье). Эти ограничения стандартной методики геофизических исследований сказываются на геологической и экономической эффективности разведки.

Аварийное состояние во время геофизических работ в скважинах возникает вследствие прихвата каротажного кабеля, скважинного прибора или груза.

Причинами прихвата каротажного кабеля в скважине являются в основном выпадение твердых частиц из промывочной жидкости и обвал пород из стенок скважины. В некачественной промывочной жидкости из-за обвала на скважинных приборах или грузах, присоединяемых к каротажному кабелю, могут образовываться утолщения из глины или породы - «сальники»,

препятствующие движению скважинного прибора или груза по скважине. Возникновению прихвата способствуют также узлы и петли, образующие на каротажном кабеле при его перепуске в скважину, когда нижний конец каротажного кабеля остановился на препятствии, а спуск каротажного кабеля продолжается.

Для предотвращения аварий следует:

- избегать длительных остановок каротажного кабеля в необсаженной части скважины, непрерывно перемещая прибор, или вводя его в колонну;

- до спуска каротажного кабеля проверить двигатель подъемника и запустить его;

- при отказе двигателя подъемника рекомендуется производить перемещения каротажного кабеля вверх-вниз либо полностью извлечь его с помощью талевого блока буровой установки.

Натяжение каротажного кабеля необходимо контролировать по динамометру. Иногда каротажный кабель удастся освободить, оставив его на некоторое время под сильным натяжением. Если такая мера не дает положительных результатов, надо попытаться освободить каротажный кабель, прилагая переменные нагрузки. С помощью подъемника натягивать каротажный кабель и резко снимать натяжение, отключая привод лебедки. Последовательное натяжение и ослабление каротажного кабеля производят многократно.

Чтобы ликвидировать прихват, необходимо:

освободить каротажный кабель с помощью овершота с воронкой на конце, опущенного в скважину на бурильных или эксплуатационных трубах. Овершотом следует пользоваться, если на конце каротажного кабеля присоединен скважинный прибор с головкой, за которую его можно захватить и вытащить. Если на конце каротажного кабеля имеется только груз, для освобождения каротажного кабеля можно спустить в скважину привинченный к концу бурильных труб патрубков с раструбом. Внутренний диаметр патрубка должен быть больше диаметра груза, чтобы он мог войти внутрь.

При освобождении каротажного кабеля от прихвата с помощью патрубка

или овершота с отверстием операцию производить в следующем порядке:

-на трубы навинтить овершот или патрубков;

-закрепить каротажный кабель над устьем скважины с помощью специальных зажимов;

-размотать каротажный кабель на земле (100-150 м) или смотать весь каротажный кабель, который остался на барабане лебедки, если там осталось один-два ряда, и обрезать каротажный кабель;

-протащить конец каротажного кабеля снизу через воронку, раструб овершота или трубы и через отверстие в их стенке, затем стараясь не делать на каротажном кабеле петель и узлов, протащить через окно весь каротажный кабель, смотанный с барабана лебедки, связать концы каротажного кабеля и - намотать сброшенный каротажный кабель обратно на барабан лебедки подъемника;

-на край отверстия ротора положить доску и закрепить ее, чтобы каротажный кабель не перетирался об острые углы у отверстия ротора; опустить на некоторую глубину овершот, чтобы окно в его стенке было направлено на лебедку подъемника; перекинув каротажный кабель через подвесной блок или блок-баланс и освободив от крепления, натягивать его с силой, равной приблизительно половине разрывной; каротажный кабель выходит из окна овершота и располагается между трубами и стенкой скважины. Медленно опускать трубы, наблюдая за натяжением каротажного кабеля. Если натяжение увеличивается, каротажный кабель следует немного опустить. Соединения труб производить вручную при закрепленном роторе и неподвижных нижних трубах;

Опустив трубы на глубину, превышающую на несколько метров глубину прихвата, восстановить циркуляцию раствора и медленно опуская трубы, промыть скважину до освобождения каротажного кабеля; при ликвидации прихвата происходит резкое ослабление натяжения каротажного кабеля; подъем каротажного кабеля и труб после ликвидации прихвата производить одновременно на малой скорости. Во время подъема необходимо

контролировать длину поднятых каротажного кабеля и труб.

Причины аварий:

-недостаточная подготовленность ствола скважины к электрометрическим работам (наличие уступов, желобных выработок, высокие реологические параметры бурового раствора);

-ненадежное крепление приборов к кабелю или кабеля к подъемнику;
применение изношенного кабеля;

-превышение скорости спуска кабеля, которое ведет к его запутыванию и прихвату;

-обвал пород и образование пробок;

-длительное оставление без движения кабеля и приборов;

-обрыв прибора в результате затаскивания его на блок-баланс из-за отсутствия контрольных меток на кабеле;

Если каротажный кабель или скважинный прибор освободить от прихвата не удастся, их обрывают.

Обрыв каротажного кабеля следует осуществлять:

-при прихвате скважинного прибора - лебедкой каротажного подъемника или буровой лебедкой;

-при прихвате каротажного кабеля - только буровой лебедкой.

До начала работ по обрыву каротажного кабеля при помощи лебедки подъемника необходимо хорошо укрепить автомашину подъемника, чтобы при максимальном натяжении каротажного кабеля до его обрыва автомобиль не мог повернуться или съехать по направлению к скважине. Постановки автомобиля на тормоза и включения коробки скоростей совершенно недостаточно. Затем следует проверить крепление подвесного ролика или блок-баланса. После этого можно начать натягивать каротажный кабель, предварительно удалив на безопасное расстояние людей.

Натягивать каротажный кабель для обрыва нужно на малой скорости и в несколько последовательных приемов.

Натяжение лебедкой каротажного подъемника прекратить при врезании

витков верхнего слоя каротажного кабеля в нижний, после чего следует перейти на талевый блок буровой установки.

Обрыв кабеля буровой лебедкой осуществляют в следующей последовательности:

- кабель на барабане лебедки ослабляют до свободного веса;

- на столе ротора (фланце обсадной колонны) кабель закрепляют с помощью двух струбцин: одной (основной) на столе ротора, второй (страховой) на расстоянии 0,5-0,7 м от первой; струбцины должны быть испытаны на нагрузку в три раза превышающую разрывное усилие кабеля, периодичность испытаний - раз в два года, а также после каждого применения;

- с барабана лебедки подъемника смотать количество кабеля, по длине равное двухкратной высоте подъема талевого блока буровой лебедки;

- убрать подвесной и оттяжной ролики или блок-баланс.

Закрепив каротажный кабель на крюке талевого блока, запустить в ход буровую лебедку и медленно начинать поднимать талевый крюк. Во время подъема на мостках буровой не должны находиться люди, кроме бурильщика у тормоза бурового станка. Оборванный кусок каротажного кабеля намотать на лебедку. Намотку осуществлять с определением длины извлекаемого кабеля.

Извлечение оборванного каротажного кабеля из скважины

Каротажный кабель, оставленный в скважине, необходимо извлечь полностью, так как оставшиеся куски кабеля будут мешать дальнейшему бурению. Разбуривать каротажный кабель недопустимо, он может намотаться вокруг долота, образовав сальник, что явится причиной прихвата бурового инструмента.

Оборванный в скважине каротажный кабель извлекают с помощью ловильного инструмента, так называемого «ерша», представляющего собой стальной конус с приваренными к нему под углом остроконечными, чаще искривленными, стальными зубьями, образующими по длине конуса несколько крюков. Выше крюков на конус приваривается круглый стальной диск, препятствующий спуску инструмента, если он достиг каротажного кабеля.

верхний конец стржня «ерша» снабжен муфтой для свинчивания с бурильной или эксплуатационной трубой.



Рисунок 2 – Повреждение кабеля

Глубину места нахождения оборванного конца кабеля определяют расчетным путем, при нахождении места обрыва в обсадной колонне других операций по определению глубины не проводят.

При нахождении места обрыва в открытом стволе его глубину определяют с помощью локатора муфт, спускаемого в расчетный интервал.

Зная глубину места обрыва каротажного кабеля, следует опустить «ерш» на трубах на 30-50 м ниже точки обрыва, медленно вращать крюк, делая 3-5 оборота, и поднимать инструмент.

Если наблюдается увеличение веса инструмента по дрилометру, каротажный кабель зацепился и инструмент можно поднимать на поверхность. Вначале подъем производить медленно, а затем его ускорять.

Если инструмент не захватил каротажный кабель или захватил, но оборвал вблизи крюка и вынес небольшой отрезок, спуск инструмента повторить, но опустить крюк на несколько большую глубину, равную длине выловленного каротажного кабеля. повторять операцию подъема каротажного кабеля из скважины до тех пор, пока он не будет полностью извлечен.

Обрыв токопроводящей жилы

Определение места обрыва осуществляют одним из двух способов,

основанных на сравнительной оценке емкостей между участками неповрежденной жилы и броней каротажного кабеля.

В первом способе емкость оценивают по току ее заряда, во втором - при помощи мостовой схемы на переменном токе.

Если место обрыва находится недалеко от конца каротажного кабеля, его необходимо укоротить.

Если место обрыва находится в средней части, каротажный кабель разрубить, затем эксплуатировать отдельными кусками или срастить.

Отыскание места обрыва токопроводящей жилы можно быстро осуществить любым прибором из состава средств.

Нарушение изоляции токопроводящих жил каротажного кабеля

Определение места нарушения изоляции осуществляют одним из следующих способов: мостовым методом, методом вольтметра, методом улавливающих контактов.

Мостовой метод определения расстояния до места утечки в изоляции каротажного кабеля реализован в устройстве. Устройство позволяет определять место утечки в диапазоне 0-20 МОм при приложенном напряжении 250 В с погрешностью 1 м на 1 км.

В зависимости от местоположения утечки для устранения дефекта поступают аналогично вышеописанному.

Дефекты брони

К дефектам брони относятся:

-фонари, возникающие в случае потери контакта между внутренним и наружным повивами брони при нарушении правил эксплуатации;

-узлы, перегибы, «жучки», возникающие при петлеобразованиях, вызванных нарушением правил перемотки и СПО в скважине;

-обрывы проволок брони, появляющиеся при абразивном износе в процессе эксплуатации и при нарушении правил эксплуатации.

Дефекты брони могут быть вызваны также нарушением технологии производства каротажных кабелей.

Ремонт каротажного кабеля

Ремонт каротажного кабеля заключается в :

- ликвидации обрывов проволок наружного повива брони;
- сращивании отрезков проволок наружного повива брони;
- сращивании отрезков каротажного кабеля.

Ликвидация обрывов проволок брони

Ликвидацию обрывов проволок брони следует осуществлять:

-в случае, если обрыв или другое механическое повреждение проволок брони произошло на концевом отрезке длиной не более 300 м. В этом случае каротажный кабель с поврежденным участком необходимо отрубить;

-в случае, если обрыв проволоки брони произошел на рабочем участке каротажного кабеля, необходимо:

-к одной из оборвавшихся проволок приварить проволоку аналогичного диаметра (преформированную или неформированную) длиной не менее 5 м. Другой конец оборвавшейся проволоки удалить на участке не менее 5 м;

-с помощью бандажа уложить на место удаленную новую проволоку. Длина вновь уложенной проволоки должна превышать удаленную на 1-2 мм, т.е. должно учитываться укорочение при сварке;

-снять на участке 10-15 шагов брони вновь уложенную проволоку и закрепить ее бандажом от дальнейшего прослабления. На небольшом участке обмотать вокруг каротажного кабеля свободный конец проволоки;

-свернуть каротажный кабель петлей (рис. 10) и произвести сварку. Участок проволоки длиной не менее 100 мм в месте сварки необходимо отжечь;

-плавными движениями с помощью бандажа уложить проволоку на место;

-допускается любой способ сварки, обеспечивающий надежное соединение. Расстояние между сварками должно быть не менее 5 м. сварку проволоки в месте обрыва при износе брони более 40% не производят[7].

1.2 Недостатки аккумуляторных скважинных батарей

Залитая электролитом свинцово-кислотная АКБ – это «живой» продукт. Хранится ли она или эксплуатируется, - у нее есть конечный срок службы. Все залитые аккумуляторы подвержены процессу саморазряда. Чем выше температура и влажность в месте хранения, тем быстрее разрядится батарея.

Причины отказа автомобильного аккумулятора в процессе его эксплуатации бывают разные. Все их можно условно разделить на две основные категории:

- производственные дефекты
- непроизводственные дефекты

В данном случае в одной из ячеек или, как их часто называют, банок удельная плотность электролита будет значительно ниже, чем в остальных. Проблемная банка обычно заметно бурлит при высоком разряде, во всех остальных ячейках показатель плотности электролита при этом остается нормальным – 1,26 или выше.

Неисправная банка, выявленная на более позднем срок эксплуатации, как правило, является результатом восстановления засульфатированной, сильноразряженной батареи. Если основная причина – сульфатация, то в банках будет наблюдаться различная плотность электролита.

Разрыв цепи.

В этом случае у аккумуляторной батареи будут хорошие показатели удельной плотности электролита, но будет отсутствовать напряжение на клеммах. Необходимо все же проверить АКБ на наличие возможного физического повреждения, которое могло вызвать разрыв цепи батареи внутри.

Довольно часто причиной преждевременного выхода батареи из строя является ее неправильная эксплуатация или обслуживание.

Если батарея хранится, эксплуатируется или устанавливается неправильно, если соединительные кабели с силой забиваются на клеммы или фиксируются недостаточно плотно, корпус и клеммы батареи могут быть повреждены.

Если батарея остается в разряженном состоянии или в течение долгого периода времени, происходит химическая реакция, которая ухудшает

характеристики батареи и сокращает срок ее службы. Этот процесс называется сульфатацией.

Видимый признак глубокой сульфатации – мелкозернистый белый или серый налет на положительной пластине и неметаллический блеск на отрицательной пластине. В большинстве случаев это означает, что батарея не подлежит восстановлению.

Попытки зарядить сильно сульфатированную батарею даже малым током приводят к повреждению решеток и поверхности активной массы электродов, а также к образованию сульфатных вкраплений на поверхности сепаратора, что приведет к дендритным замыканиям.

Повреждения могут возникнуть при долгом хранении или установке. Наличие утечек и т.д. медленно доводит батарею до самого низкого уровня заряда. Чем дольше период простоя, тем больше сульфатируются пластины.

Сульфатация пластин снижает эффективность электрохимических реакций в батарее между активным материалом электродов и электролитом.

Естественный износ

Так как аккумуляторная батарея работает в циклическом режиме, то есть периодически разряжается и заряжается, активный материал пластин находится в движении, высвобождая электричество хранимое в батарее. Каждый раз, когда батарея заряжается и разряжается, небольшая часть активного материала пластины утрачивается безвозвратно.

Срок службы аккумулятора зависит от множества факторов, таких как окружающая температура, степень заряженности при эксплуатации, и т.д. Поэтому невозможно точно установить минимальный и максимальный сроки службы батареи. В процессе естественного износа батарея постепенно теряет емкость.

Как уже упоминалось выше, каждый раз когда батарея заряжается и разряжается, небольшая часть активного материала теряется. Если батарея подвергается глубокому разряду (более 35%) и быстрой зарядке, процесс потери ускоряется. Вдобавок, если подзарядка будет неполной, характеристики батареи

ухудшатся, повысится концентрация электролита между пластинами, что приведет к коррозии и дальнейшему ухудшению производительности аккумулятора.

Даже после подзарядки напряжение будет низким (ниже 12,4 В), но если проверить плотность электролита в батарее, то она будет равномерна во всех банках.

Избыточный заряд.

Если оставить батарею без проверки, она перегреется и электролит начнет испаряться. Избыточный заряд ускорит деформацию активного материала и решетки, а производительность батареи уменьшится.

Вышеизложенные методы обеспечения питания нуждаются в периодических эксплуатационных затратах. Помимо этого агрессивная среда и повышенная температура внутри скважины негативно влияет как на кабель, так и на аккумуляторные батареи.

1.3 Завихритель потока

Скважинный электрогенератор, содержащий генератор с обмоткой возбуждения и системой магнитов, а также вращатель в виде безлопастной турбины, в качестве вращателя содержит завихритель потока текучей среды, предназначенный для закручивания потока текучей среды и создания электромагнитного поля, обмотка возбуждения закреплена на внутренней поверхности неподвижной защитной трубы, система магнитов закреплена на внешней поверхности установленных в подшипниках вращающихся частей и на трубках системы слива завихрителя, а вдоль потока текучей среды в полем цилиндрическом теле установлены пьезоэлементы с возможностью контактирования с потоком текучей среды, при этом в полем цилиндрическом теле выполнено, по меньшей мере, одно отверстие для вывода электродов пьезоэлементов. Включает перепускание части потока через систему слива обратно в поток текучей среды в электрогенераторе. [8]

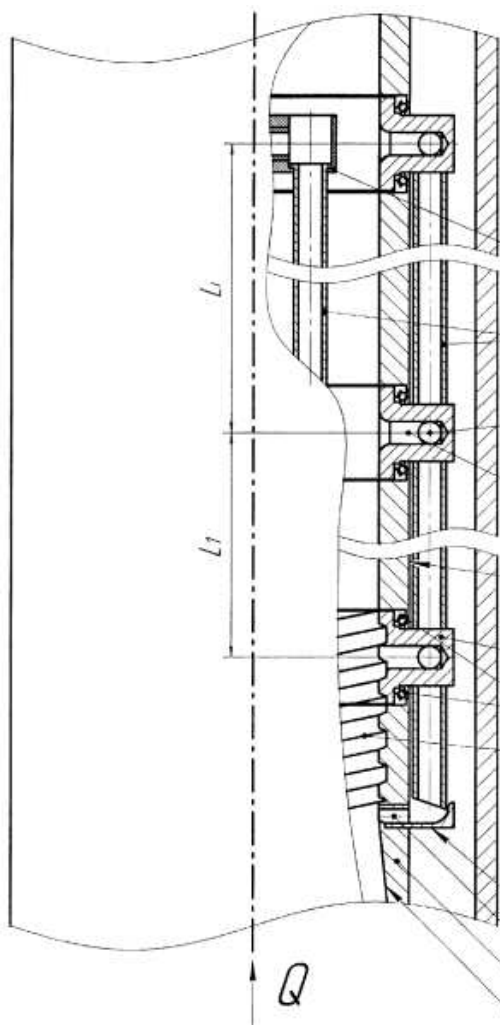


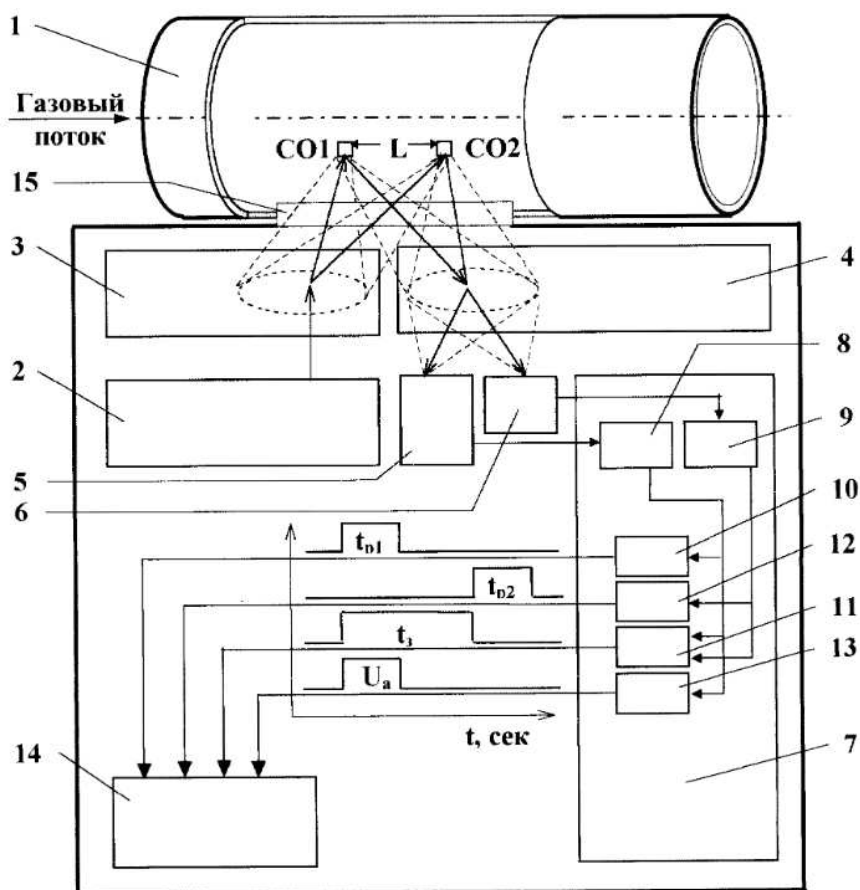
Рисунок 4 – Скважинный электрогенератор

Для проверки эффективности данного прибора необходимо испытать различные режимы его работы на гидродинамическом стенде. Однако для того, чтобы выявить параметры в зависимости от характеристик скважины и добываемого сырья, нужно найти оптимальный способ измерения самого процесса завихрения.

1.4 Патентный обзор

Известен патент RU 2140525 1 устройство и способ для контроля характеристик газового потока в трубопроводе.

Устройство включает лазерный источник света, передающий объектив, состоящий из делителя луча и линзовых систем, приемный объектив и блок обработки сигналов. Дополнительно оно снабжено защитным окном, выполненным из прозрачного материала, например кварцевого стекла. В блок обработки введены узлы регистрации длительностей импульсов рассеянного света первого и второго счетных объемов и узел регистрации интенсивности импульсов рассеянного света, которые соединены с узлом регистрации задержки между импульсами рассеянного света первого и второго счетных объемов. При этом блок обработки подключен к измерителю. Для осуществления способа измеряют скорости частиц различного размера двумя лучами, формирующими в газовом потоке два счетных объема, расстояние между которыми составляет базу измерения. Затем регистрируют двумя фотоприемниками моменты пролета частицами границ счетных объемов, измеряют длительности импульсов и интенсивности рассеянного частицами света и регистрируют количество частиц в газовом потоке.



Недостатком известного устройства является невозможность его использования для определения скоростей жидкостного потока не содержащего каких-либо включений. Устройство обладает невысокой достоверностью измерений, т.к. скорость перемещения включений в потоке отличается от скорости самого потока из-за сопротивления этих включений перемещению.

Известен патент RU 2144194 2 лазерный доплеровский измеритель скорости.

Это измеритель для бесконтактного дистанционного измерения скорости потоков жидкости и газов, а также твердых и диффузно отражающих объектов. Измеритель содержит оптически согласованные лазер, цилиндрический объектив, расщепитель лазерного пучка и объектив, фотоприемник и электронный блок измерения скорости. Объектив выполнен в виде осесимметричного двухфокусного киноформного оптического элемента, состоящего из расположенных в одной плоскости длиннофокусного фокусирующего и короткофокусного приемного киноформов, в котором приемный киноформ расположен на оптической оси измерителя скорости, а фокусирующий киноформ занимает два фрагмента общей площади приемного киноформа, расположенных симметрично относительно его оси и ограниченных по площади апертурами проходящих через него лазерных пучков.

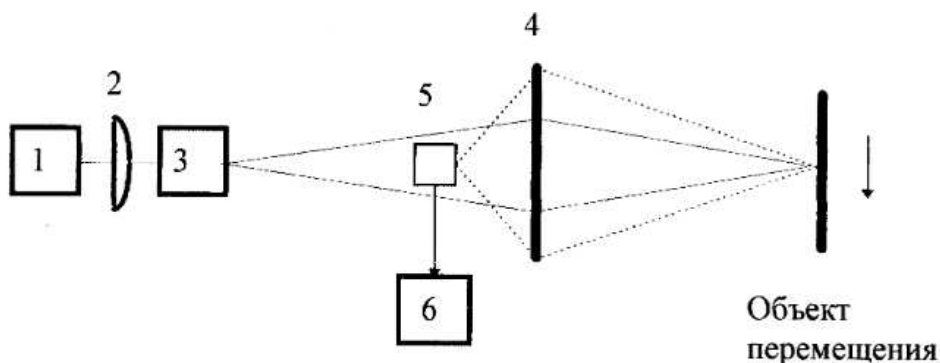


Рисунок - патент RU 2144194 2

Недостатком известного устройства является необходимость

использования для определения скоростей жидкостного потока каких-либо включений, отражающих лазерное излучение. Устройство обладает невысокой достоверностью измерений, т.к. скорость перемещения включений в потоке отличается от скорости самого потока из-за сопротивления этих включений перемещению.

Известен патент SU 1193588 3 Устройство для определения поля скоростей потока фотохромной жидкости.

Известное устройство содержит прозрачную емкость с фотохромной жидкостью, которая находится в поле зрения кинокамеры и освещается импульсным лазером, снабженным оптической формирующей системой.

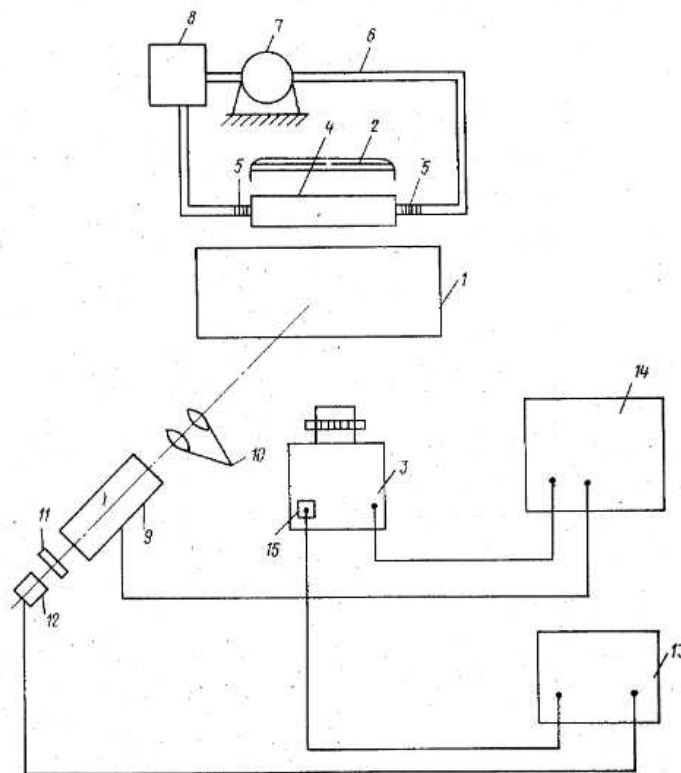


Рисунок - патент SU 1193588 3

Недостатком известного устройства является низкая производительность проведения исследований и малая информативность получаемых данных. Это обусловлено тем, что с помощью оптической формирующей системы создается линейная цветовая метка, перемещение которой фиксируется с помощью кинокамеры. В результате получают информацию о поле скоростей вдоль этой линии. Чтобы получить информацию о распределении скоростей во всем объеме

исследуемого объекта необходимо последовательно создавать линейные метки в выбранной плоскости и фиксировать их перемещение, что требует значительного времени.

Известен патент RU3685 устройство для определения поля скоростей жидкости.

Устройство для определения поля скорости жидкости, содержащее заполненный фотохромной жидкостью и снабженный насосом замкнутый контур, в состав которого включен размещенный в поле зрения видео- или кинокамеры исследуемый гидравлический элемент, выполненный из прозрачного материала, и освещающий этот элемент импульсный лазер, снабженный оптической формирующей системой, выполненной из цилиндрических линз.

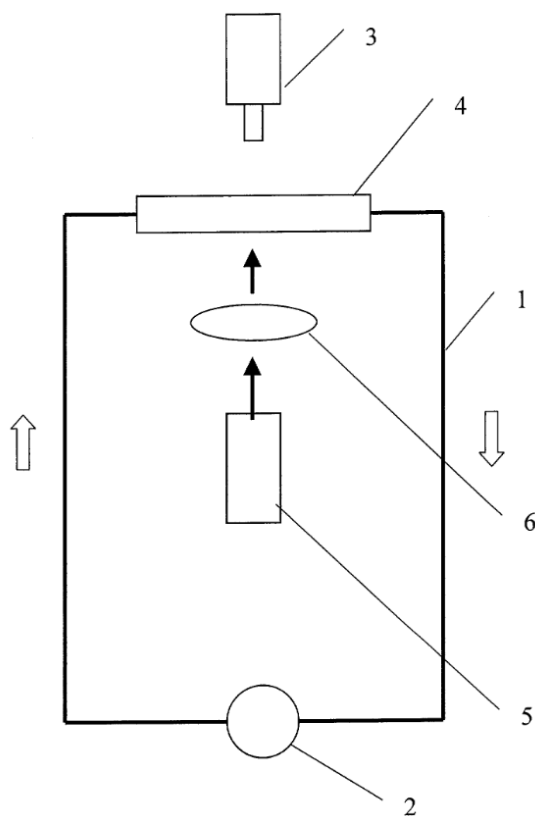


Рисунок - патент RU3685

Заявляемое в качестве полезной модели устройство для определения поля скорости жидкости направлено на повышение информативности получаемых данных и повышение производительности проведения исследований.

Известно устройство, описанное в патенте RU 2435166 лазерный измеритель скорости водных потоков.

Задачей, на решение которой направлено предлагаемое устройство, является создание лазерного доплеровского измерителя скорости, обеспечивающего минимизацию погрешности измерения скорости, обусловленную пограничным слоем.

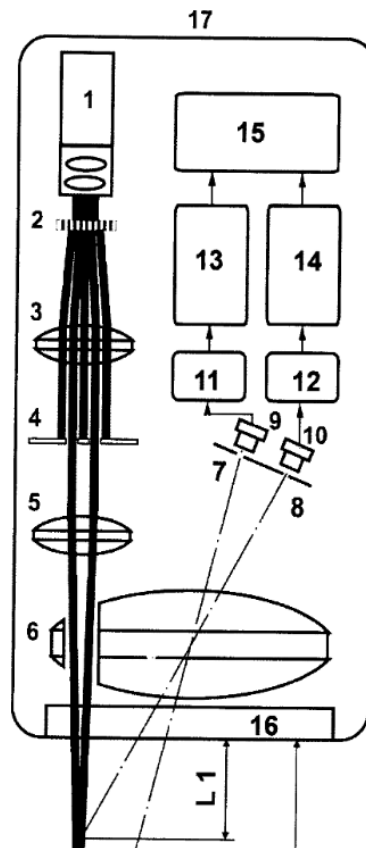


Рисунок - патент RU 2435166

Указанная задача решается за счет того, что лазерный измеритель скорости водных потоков, содержащий передающий канал с дифракционно-оптическим делением лазерного пучка и приемный канал, включающий фокусирующий объектив, диафрагму, фотодиод и предварительный усилитель, подключенный к преобразователю доплеровского сигнала, содержит вычислительное устройство, а в приемный канал дополнительно введены вторая диафрагма и второй фотодиод с предварительным усилителем, подключенным к второму преобразователю доплеровского сигнала, при этом выходы преобразователей доплеровского сигнала подключены к вычислительному

устройству.

Известно устройство, описанное в патенте SU 1 672 380 Доплеровский анемометр.

Целью изобретения является расширение диапазона измеренных скоростей без расширения полосы входного фильтра и повышение точности измерения мгновенной скорости потока при анализе потоков с различной концентрацией рассеивающих центров.

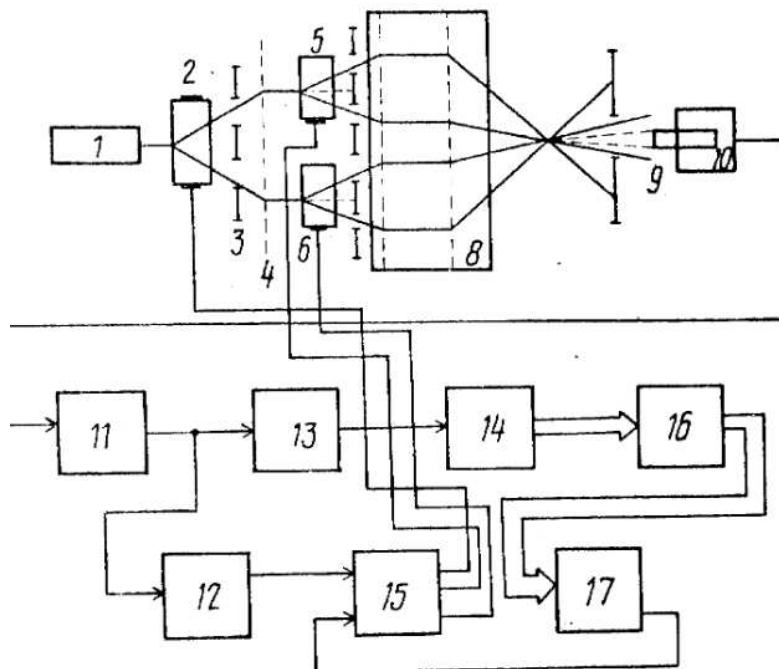


Рисунок - патент SU 1 672 380

Доплеровский анемометр содержит непрерывный лазер 1, ультразвуковой модуля- тор 2, диафрагму 3, линзу 4, два дополнительных ультразвуковых модулятора 5 и 6, перестраиваемую диафрагму 7, передающую 8 и приемную 9 оптику, фотоприемник 10, фильтр 11, преобразователь частота:напряжение 12, пороговый формирователь 13 временного аналога доплеровского сигнала, измеритель временных интервалов 14, синтезатор частот 15, буферное запоминающее устройство (БЗУ) 16 и микроЭВМ 17.

Световой пучок от непрерывного лазера 1 поступает на ультразвуковой модулятор 2, в котором возбуждена акустическая волна с помощью синтезатора частоты 15. Вследствие взаимодействия лазерного излучения с акустической волной в модуляторе на его выходе световое излучение претерпевает частотный

сдвиг и расщепляется на ряд пучков.

Расщепленные пучки проходят диафрагму 3, линзу 4, фокус которой совмещен с точкой расщепления светового луча в ультразвуковом модуляторе 2. Световой поток, прошедший линзу 4, представляет собой два параллельных пучка, которые поступают на оптические входы ультразвуковых модуляторов 5 и 6, на которых осуществляются дополнительный частотный сдвиг и расщепление каждого входного светового пучка. Отфильтрованный доплеровский сигнал поступает одновременно и на вход порогового формирователя 13, где осуществляется формирование временной последовательности импульсов. Сформированная временная последовательность доплеровских периодов поступает на цифровой измеритель временных интервалов 14.

Известно устройство, описанное в патенте SU 1 652 919 Лазерный доплеровский анемометр.

Целью изобретения является увеличение точности измерений. Излучение источника 1 с помощью устройства 22 ввода вводится в передающий световод 3. Пройдя через световод 3, излучение коллимируется линзой 4 и, пройдя через линзу 5, служащую для согласования перетяжек зондирующих пучков с измерительной областью, поступает на делитель 6 пучка, формирующий два пучка, которые затем сводятся с помощью линзы 7, образуя при пересечении измерительную область. В измерительной области образуется интерференционная картина.

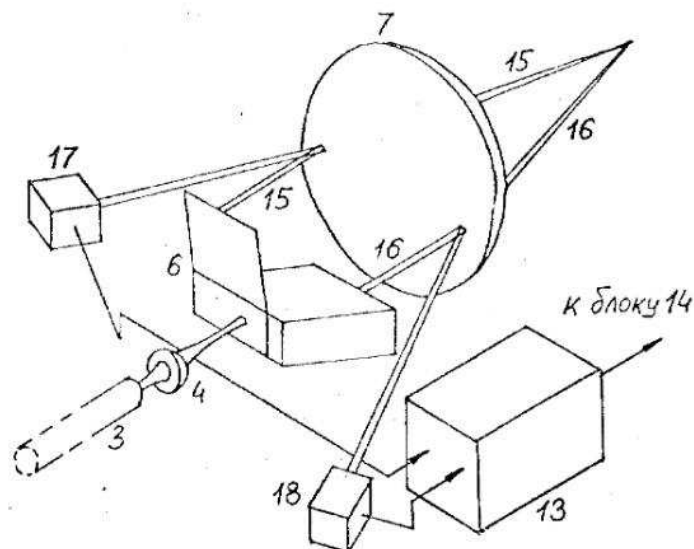


Рисунок - патент SU 1 652 919

Свет, рассеянный на частице потока при пересечении ею интерференционной картины в измерительной области, собирается с помощью 5 объектива 8 на входном торце приемного световода 9 и поступает на фотоприемник 10. Сигнал фотоприемника 10 поступает на электронный процессор 11, выделяющий доплеровский сигнал.

Известно устройство, описанное в патенте SU 1 789 932 Лазерный анемометр.

Излучение лазера 1, прошедшее через дефлектор 2, объективами 3 и 4 направляется в исследуемую область потока, где формируется зондирующее поле, размер которого определяется апертурой объектива 4 и длиной световой волны. Фотоприемник находится в плоскости, оптически сопряженной зондирующему полю. Как только частица, движущаяся в потоке, попадает в пробный объем, ее изображение в рассеянном свете проецируется объективом 5 на фотоприемник 6 с полевой диафрагмой 7. Индикатор отображает измеренное значение только после поступления разрешающего сигнала с выхода схемы сравнения. Величина скорости определяется как отношение известного расстояния между позициями по оси X к измеренному усредненному временному интервалу, за который частица перемещается между соседними позициями.

Известен стенд для обкатки и испытаний гидравлических забойных двигателей, описанный в патенте RU № 2 232 918 [1].

Стенд для обкатки и проведения испытаний гидравлических забойных двигателей, включающий зажимные приспособления для закрепления корпуса двигателя и тормозное устройство, размещенные на установочной базе с рамой, емкость для принятия энергетической жидкости и насос стенда, отличающийся тем, что рама установочной базы совмещена с емкостью и выполнена в виде конструкции из двутавровых профилей, обваренной с боковых сторон и снизу листами металла для образования рамы-емкости, в которую с торца вварены патрубки для подсоединения к всасывающему трубопроводу и аварийному трубопроводу насоса. В качестве энергетической жидкости используется вода.

В нем рама, входящая в состав установочной базы 6, обварена металлическими листами и образует раму-емкость 11, представляющую собой одновременно и установочную базу 6, и емкость для принятия энергетической жидкости. При этом отпадает необходимость в использовании в предлагаемом изобретении сливного трубопровода (желоба) в отличие от конструкции прототипа. Рама-емкость 11 непосредственно связана с насосным узлом 1 всасывающим трубопроводом 3. Таким образом, емкость для принятия энергетической жидкости оказывается совмещенной с установочной базой 6, за счет чего предлагаемое изобретение приводит к экономии трудозатрат и материалов, затрачиваемых на сборку стенда на месте эксплуатации, так как отпадает необходимость копать яму под отдельное изделие. Обварка листами рамы, входящей в состав установочной базы 6, позволила совместить раму, входящую в состав установочной базы 6, с емкостью для приема энергетической жидкости. Из двух изделий, занимающих достаточно большую площадь в прототипе, в предлагаемом стенде мы имеем одно изделие - раму-емкость 11, занимающую по площади те же размеры, что одна установочная база стенда 6. В результате чего производственная площадь, которую занимала емкость для приема энергетической жидкости в прототипе стенда, освобождается для возможности размещения на ней другого оборудования.

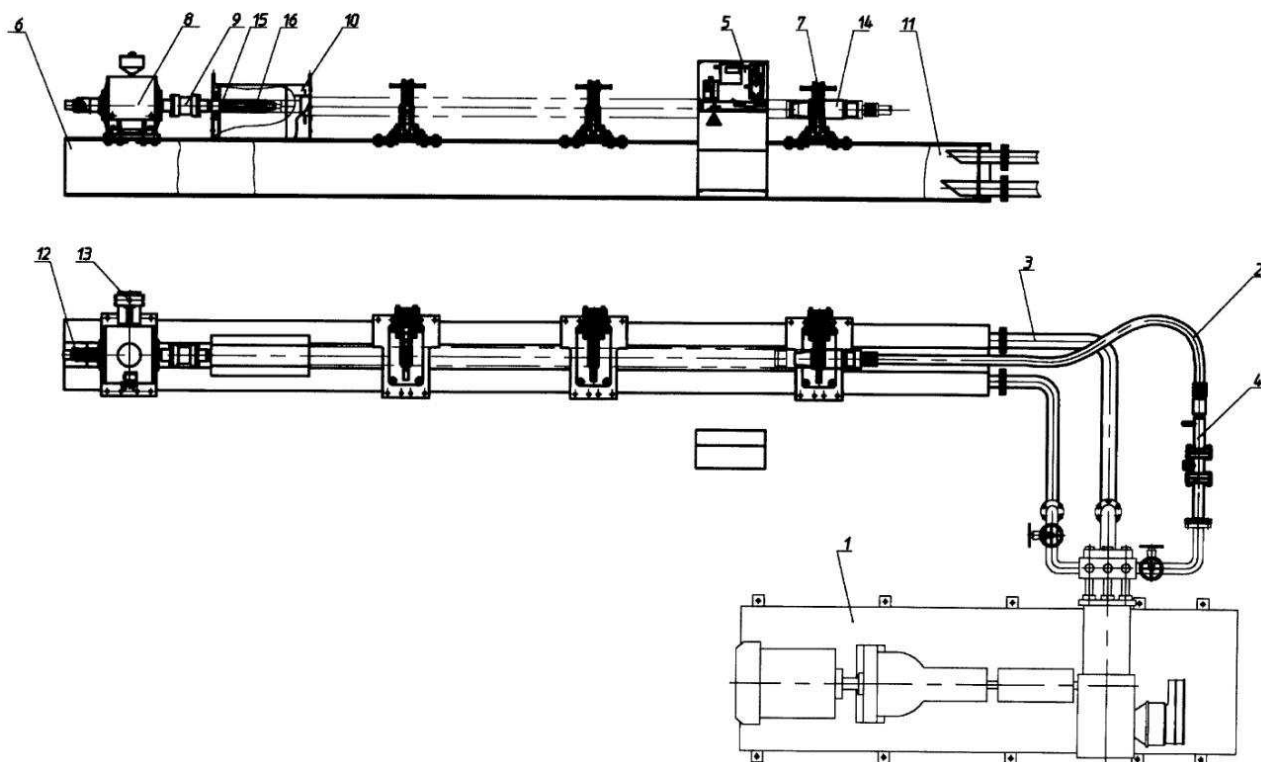


Рисунок – Стенд для обкатки и испытаний

Применение предлагаемой рамной конструкции, входящей в состав установочной базы 6, являющейся одновременно и установочной базой, и используемой в качестве емкости для приема энергетической жидкости, обеспечивает возможность установки обкаточно-испытательного стенда на пол производственного помещения и значительную экономию производственных площадей.

В патенте RU № 129638 описан стенд гидравлический вертикальный для снятия гидродинамических характеристик ступеней электропогружных насосов.

Суть в том, что стенд включает раму установки, приводной электродвигатель с системой замера крутящего момента, станцию управления, вал, систему трубопроводов, сборку ступеней электропогружного насоса, закрепленных в вертикальном положении, мерный бак, всасывающую и нагнетательную линии, сливное устройство, при этом согласно полезной модели вал с одной стороны присоединен к приводному электродвигателю, а с другой - к сборке ступеней электроцентробежного насоса, при этом вал пропущен через

промежуточный самоцентрирующийся подшипник и сальниково-подшипниковый узел, при этом мерный бак состоит из двух отделов - основного и вспомогательного.

Стенд работает следующим образом. В основной отдел 20 мерного бака 19 наливается модельная жидкость. При помощи нагревательного элемента 23 производится изменение вязкости модельной жидкости. Электродвигатель 2 запитывается через станцию управления, с помощью которой регулируется и достигается необходимая частота вращения вала 16. Подвод модельной жидкости к сборке ступеней 4 осуществляется из основного отдела 20 мерного бака 19, отвод - во вспомогательный отдел 21 мерного бака 19. Посредством манометров 10 и 14 замеряется давление на входе и выходе из сборки ступеней 4. При помощи мерного стекла 22 и секундомера определяется подача насоса. Момент на валу сборки ступеней определяется системой замера крутящего момента 3.

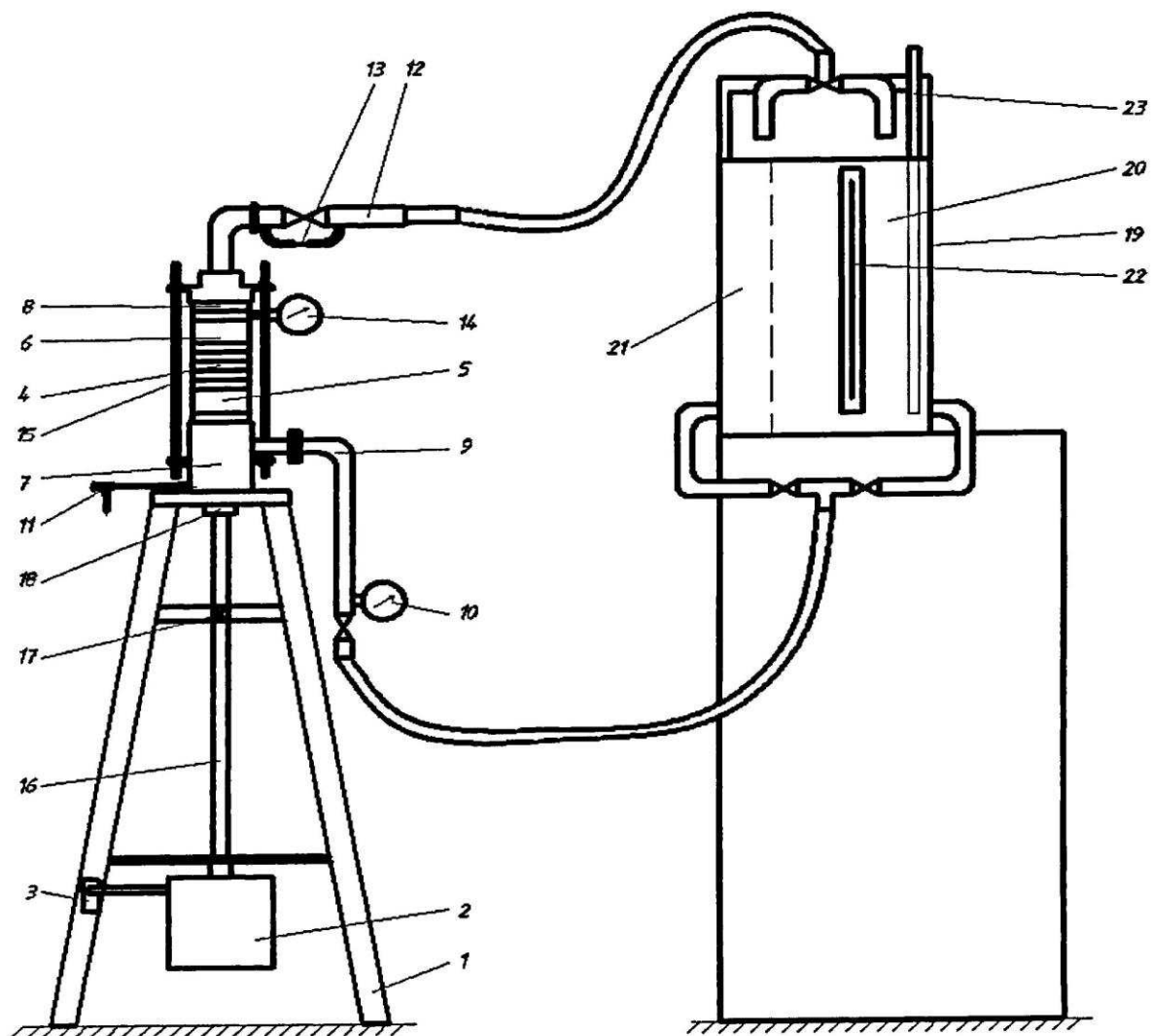


Рисунок – Стенд для для снятия гидродинамических характеристик

Все измеренные данные используются для построения гидродинамической характеристики.

В патенте RU № 134579 описан гидродинамический стенд моделирования работы горизонтальных нефтегазовых скважин. В гидродинамический стенд для моделирования работы горизонтальных нефтегазовых скважин, содержащий горизонтальную трубу в виде последовательно соединенных отдельных секций труб из оптически прозрачного материала, модуль интервала перфораций, датчики, соединительные муфты, съемную крышку-заглушку на входе в горизонтальную трубу с вводами для отдельной подачи воды, углеводородной жидкости и газа, съемную крышку-заглушку на выходе из горизонтальной трубы, систему подачи и регулирования расхода воды, углеводородной жидкости и газа, состоящую из емкостей с водой, углеводородной жидкостью и

газом, насосов, компрессора, трубопроводов, запорно-регулирующих устройств, расходомеров воды, углеводородной жидкости и счетчиков газа, домкраты и информационно-измерительный комплекс дополнительно введены не менее двух сканеров потока жидкости и оптически прозрачный модуль, при этом сканеры потока жидкости и оптически прозрачный модуль соединены последовательно с трубами, входящими в состав горизонтальной трубы.

Оптически прозрачный модуль выполнен в виде прогонного тела из оптически прозрачного материала со сквозным отверстием вдоль его большей стороны и патрубком на каждой его торцевой поверхности, в центре боковой поверхности прогонного тела выполнен проем до выхода в сквозное отверстие, в проеме размещена крышка-заглушка с уплотнением, по полупериметру боковой поверхности прогонного тела на одинаковом расстоянии в обе стороны от центра проема выполнены отверстия до выхода в сквозное отверстие для подачи воды, углеводородной жидкости и газа, а диаметр сквозного отверстия и внутренний диаметр патрубков выполнены равными внутреннему диаметру горизонтальной трубы.

Гидродинамический стенд работает следующим образом: домкратами 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36 устанавливается требуемая траектория ствола горизонтальной трубы. Траектория ствола может быть задана горизонтальной, нисходящей, восходящей, волнообразной и комбинированной, включающей в себя несколько перечисленных выше видов. С помощью компрессора 43 емкость 40 заполняется газом (в данном случае атмосферным воздухом) до определенного давления. При включении насосов 41, 42 и открытии запорно-регулирующих устройств 49, 50, 54, 55, 59 компоненты нефтегазового потока вода, углеводородная жидкость и газ по трубопроводам 44, 45, 46 подводятся, но еще не поступают в модуль интервала перфораций 11, оптически прозрачный модуль 12 и на вход горизонтальной трубы 1.

При открытии запорно-регулирующих устройств 53, 58, 62 вода, углеводородная жидкость и газ через отдельные вводы 26, 27, 28 в съемной крышке-заглушке 25 поступают во внутреннюю полость горизонтальной трубы

1. Расход жидкостей контролируется с помощью расходомеров 63, 66, а расход газа контролируется счетчиком газа 69. Сигналы с расходомеров 63, 66 и счетчика газа 69 поступают в информационно-измерительный комплекс.

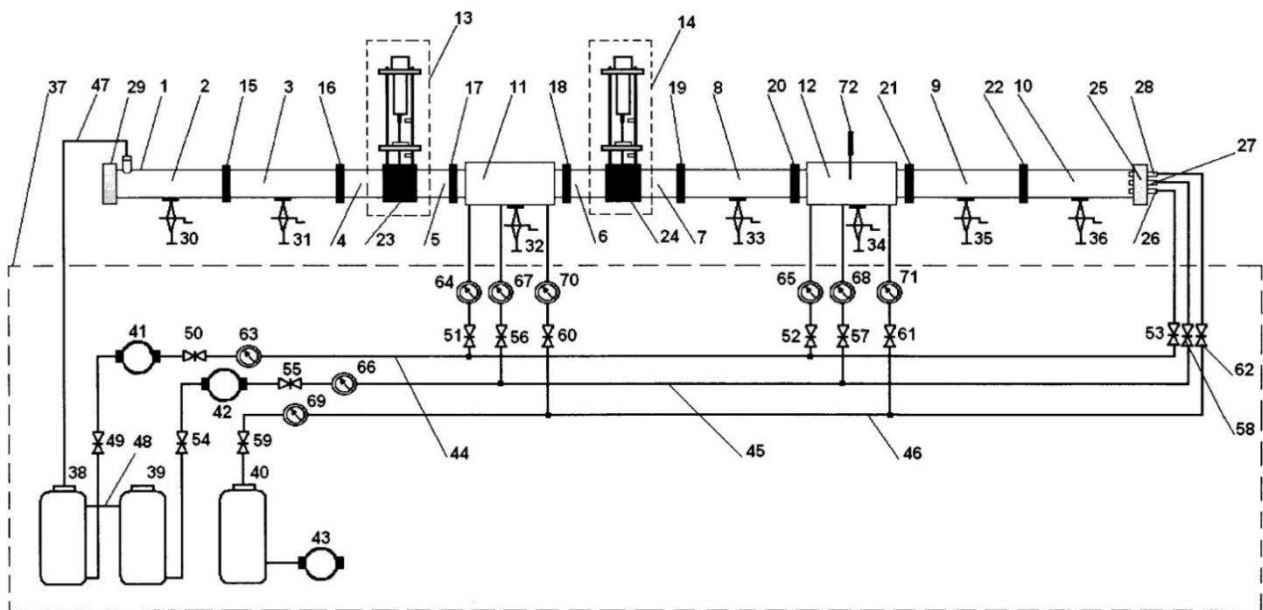


Рисунок – Стенд моделирования работы горизонтальных скважин

Результатом является повышение точности измерения параметров потока за счет одновременного сканирования параметров потока в локальной области и в нескольких точках горизонтальной трубы и расширении эксплуатационных возможностей гидродинамического стенда за счет тестирования различного рода датчиков.

В патенте RU № 2 146 339 описан стенд для испытания агрегатов гидрообъемных приводов. Для обеспечения возможности проведения испытаний гидроцилиндров стенд дополнительно содержит станок для крепления на стенде испытываемого гидроцилиндра, датчик давления, развиваемого этим гидроцилиндром, а также трубопроводы для подключения испытываемого гидроцилиндра к первой напорно-сливной линии стенда.

Стенд содержит смонтированные на раме (на схеме не показана) приводной вал 1 для подключения к нему валов испытываемого гидронасоса 2 гидростатического привода или гидронасоса 3 шестеренного типа, гидравлическую систему, средства для установки на стенде испытываемых агрегатов и контрольно-измерительную аппаратуру.

Гидросистема о стенда имеет два контура циркуляции рабочей жидкости, первый из которых используется при испытаниях гидронасоса шестеренного типа, гидрораспределителей и гидроцилиндров и содержит первую линию 4 всасывания и первую напорно-сливную линию 5 с включенными в нее последовательно по течению рабочей жидкости манометром 6 высокого давления, дросселем 7, фильтром 8 грубой очистки рабочей жидкости, манометром 9 низкого давления, фильтром 10 тонкой очистки рабочей жидкости и охладителем 11 рабочей жидкости. Вход первой линии 4 всасывания и выход первой напорно-сливной линии 5 сообщены с первым гидробаком 12.

Для испытаний гидронасоса 3 шестеренного типа его вал соединяют при помощи муфты с приводным валом 1 стенда, корпус гидронасоса 3 закрепляют на стенде посредством соответствующей установочной плиты, а всасывающую и нагнетательную полости гидронасоса 3 подключают соответственно к первой линии 4 всасывания и к первой напорно-сливной линии 5. Переключающее устройство 13 устанавливают в положение, при котором рабочая жидкость от гидронасоса 3 будет поступать к дросселю 7, а краны 17, 18 закрывают.

Далее включают электродвигатель 41, посредством чего приводят в действие испытываемый гидронасос 3, и рабочая жидкость начинает циркулировать в первом контуре гидросистемы стенда, поступая через первую линию 4 всасывания к гидронасосу 3, а из него через дроссель 7, фильтры 8, 10 и охладитель 11 - в гидробак 12 и снова в линию 4. По показаниям манометра 6, фиксирующего величину создаваемого гидронасосом 3 давления, определяют величину подачи рабочей жидкости этим гидронасосом и оценивают его техническое состояние.

Для испытания гидростатического привода вал его гидронасоса 2 при помощи муфты соединяют с приводным валом 1 стенда, корпус гидронасоса 2 закрепляют на стенде посредством предназначенной для этого установочной плиты, всасывающую полость гидронасоса 2 подключают к выходу второй линии 20 всасывания, сливную полость этого гидронасоса - к сливной линии 25,

полость высокого давления гидромотора 19 гидростатического привода подключают ко входу второй напорно-сливной линии 22, а на вал этого гидромотора устанавливают тормозное устройство 33.

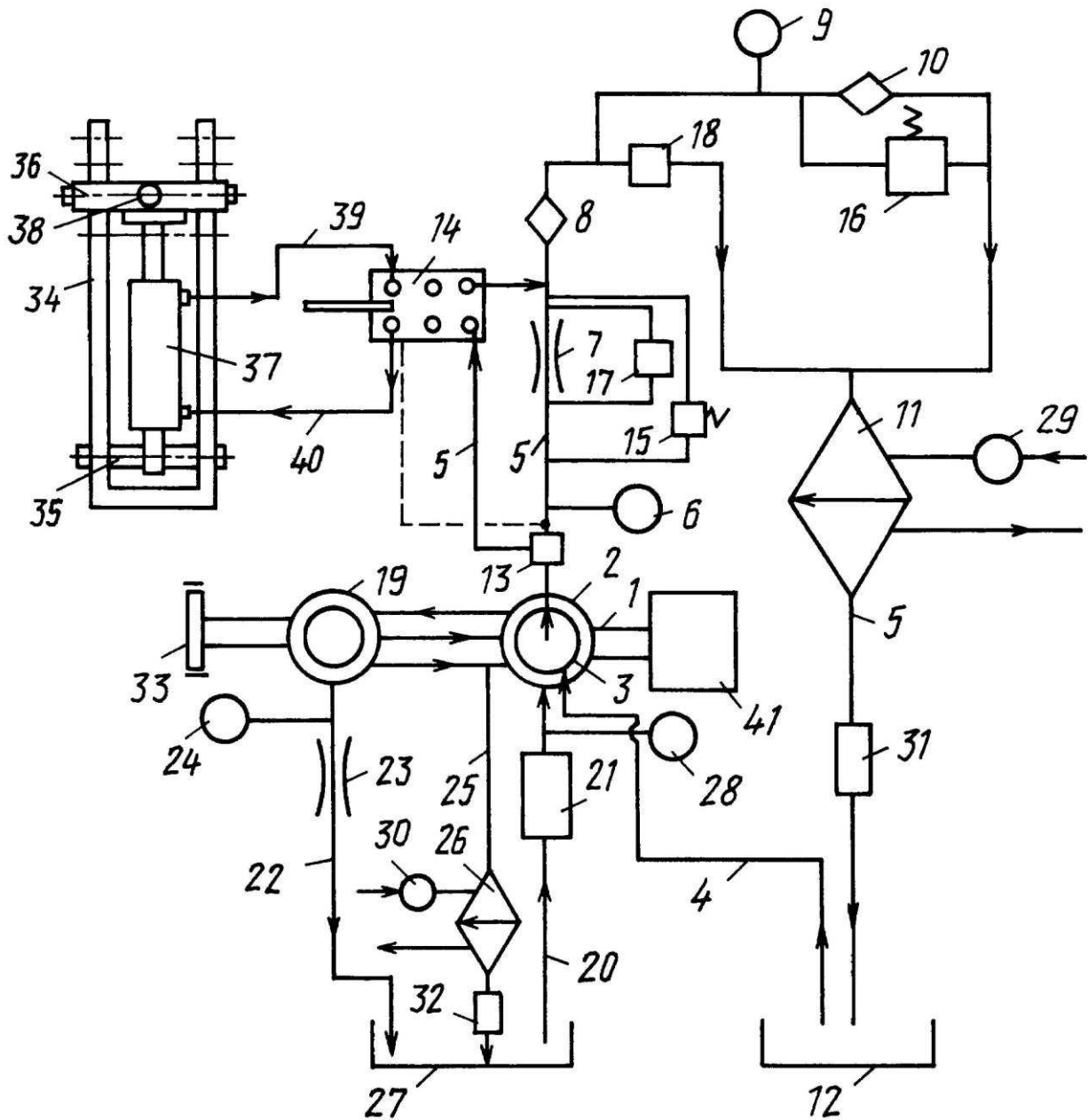


Рисунок – Стенд для испытания агрегатов гидрообъемных приводов

Суть заключается в расширении возможностей использования стенда путем увеличения количества типов испытываемых на нем гидроагрегатов, а именно в обеспечении возможности проведения испытаний гидростатического привода, включающего в себя гидронасос и гидромотор, а также проведения испытаний гидроцилиндров.

В патенте RU № 104256 описан стенд для испытания буровых насосов. В

стенде для испытания буровых насосов, содержащем смонтированную на раме гидравлическую систему, включающую всасывающий и нагнетательный трубопроводы, дроссельный клапан, емкость рабочей жидкости, электродвигатель с клиноременной передачей, систему измерения и регистрации параметров, согласно полезной модели на раме выполнены пазы с креплениями для установки насосов разных габаритов, на нагнетательном трубопроводе после дроссельного клапана дополнительно установлен успокоитель потока с расходомером, дроссельный клапан выполнен с дистанционным управлением, по периметру стенда выполнено защитное ограждение, установлены кабина оператора и помещение для размещения пусковой электроаппаратуры.

Буровой насос 11 устанавливают на раму 3 по упорам и фиксируют прижимными планками. Производят сборку пневматической системы, системы подачи воды и масла. От компрессора 7 рукава подсоединяют к пневмокомпенсатору бурового насоса 11, от емкости рабочей жидкости 2 всасывающий трубопровод 4 подсоединяют к фланцу бурового насоса 11, от дросселя 9 нагнетательный трубопровод 5 подсоединяют к фланцу бурового насоса 11 и от маслостанции 6 рукава подсоединяют к системе смазки бурового насоса 11, заполняют картер бурового насоса 11 маслом, а пневмокомпенсатор бурового насоса сжатым воздухом. Устанавливают на шкивы бурового насоса 11 и электропривода 12 клиновые ремни, защитный кожух и механизмом натяжения электропривода 13 производят натяжку ремней. Открывают на емкости рабочей жидкости 1 вентили всасывающего трубопровода 4, заполняют водой гидрокоробку бурового насоса, запускают электропривод 12, работу бурового насоса выводят на требуемый режим и контрольно-измерительными приборами регистрируют необходимые показания. Циркуляция воды осуществляется следующим образом: емкость рабочей жидкости - буровой насос - емкость рабочей жидкости.

Регулирование давления в нагнетательном трубопроводе 5 производят дистанционно из кабины оператора 15 электроприводом, установленным на

дроссельном клапане 9.

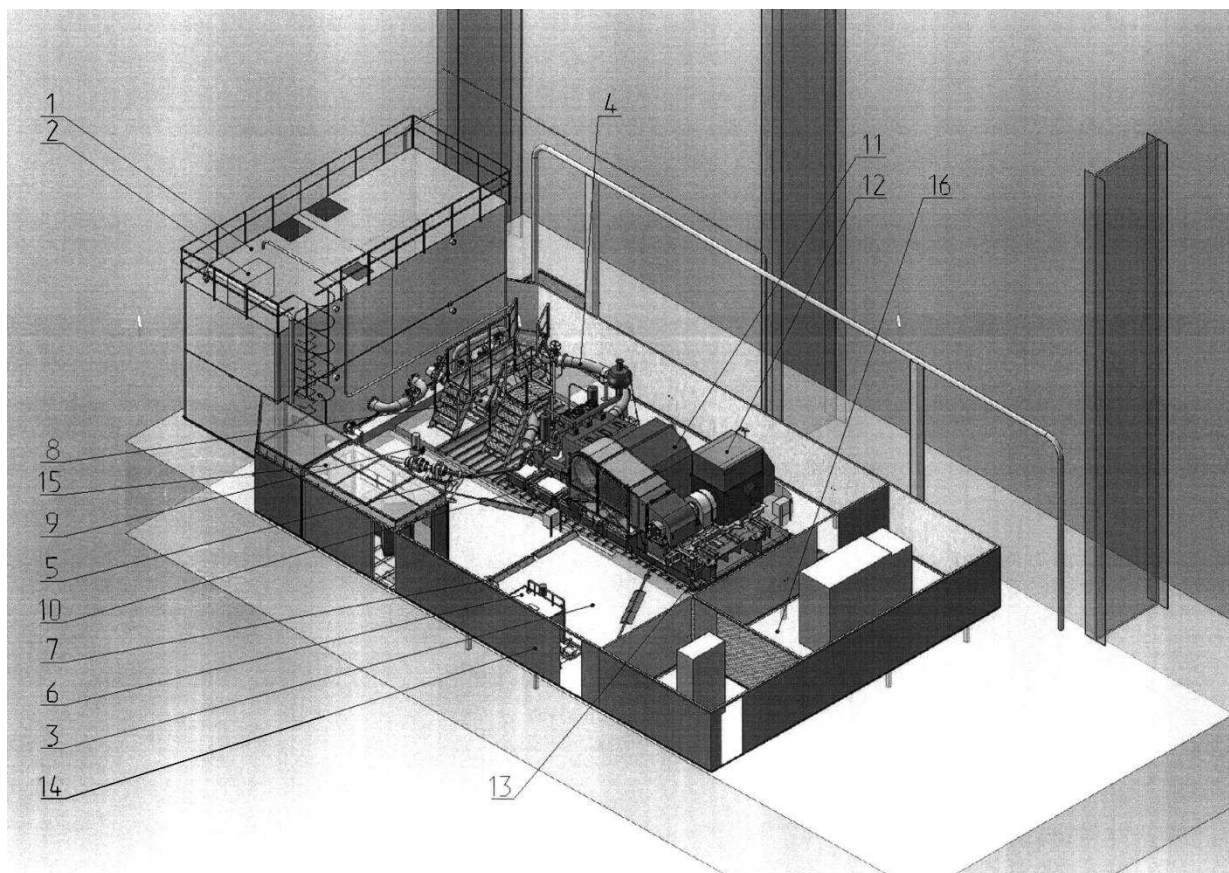


Рисунок – Стенд для испытания буровых насосов [5]

Основная суть заключается в расширении функциональных возможностей, повышении точности измерения параметров насоса, за счет упрощения замеров расхода воды, повышения надежности регулирования давления.

В патенте RU № 2 172 868 описан стенд для испытаний винтовых насосов. В стенде, содержащем привод с электродвигателем, включающий статор, насос с ротором, соединенный с приводом зубчатой передачей, расположенные на раме систему измерения и регистрации параметров насоса, гидравлическую систему, статор винтового насоса закреплен на раме с возможностью вращения относительно оси и снабжен моментомером, выполненным в виде рычага, закрепленного на статоре перпендикулярно оси насоса и набора уравновешивающих грузов, установленных на другом конце рычага, ротор винтового насоса кинематически связан с электродвигателем привода посредством шарнирной муфты, выход и прием насоса сообщены с

гидравлической системой, выполненной в виде емкости, разделенной на напорный и всасывающий сектора, причем напорный сектор размещен над всасывающим.

Моментомер, выполненный в виде рычага, закрепленного на статоре перпендикулярно оси насоса, и набора уравнивающих грузов, установленных на другом конце рычага, измеряющий момент сопротивления в паре статор - ротор, также повышает чувствительность и точность измерений.

Производится монтаж насоса на стенд причем статор 11, представляющий собой цилиндр с резиновой винтовой обоймой внутри, горизонтально закрепляется на двух подшипниках 12, установленных вертикально на раме 1 стенда, а ротор 13 с помощью шарнирной муфты 14 соединяется с редуктором 3 и электродвигателем 2. На статоре 11 насоса устанавливается рычаг моментомера 18 и датчик температуры 19, муфты 15 и 17. Из емкости 4 через задвижку 7 и гибкий шланг 9 на вход насоса подается рабочая жидкость, в качестве которой используется пластовая вода или ее модель, нефть, водонефтяная эмульсия, масло. На блоке управления 20 задается требуемая частота вращения электродвигателя и диапазон рабочих температур статора насоса, производится пуск стенда. Задвижкой 8 создается необходимое давление на выкиде насоса. За счет сил трения, возникающих в паре статор - ротор, корпус насоса увлекается ротором 13 и может поворачиваться на подшипниках 12. Момент сопротивления в паре статор - ротор измеряется моментомером 18. В случае сухого трения в паре статор - ротор происходит интенсивный нагрев резиновой обоймы статора, сигнал с датчика температуры 19 подается на блок управления 20 и происходит отключение электродвигателя. При измерении подачи насоса с помощью задвижки 9 в емкость 4 переливается требуемое количество рабочей жидкости, определяемое с помощью мерных трубок 6, которое затем подается на вход насоса.

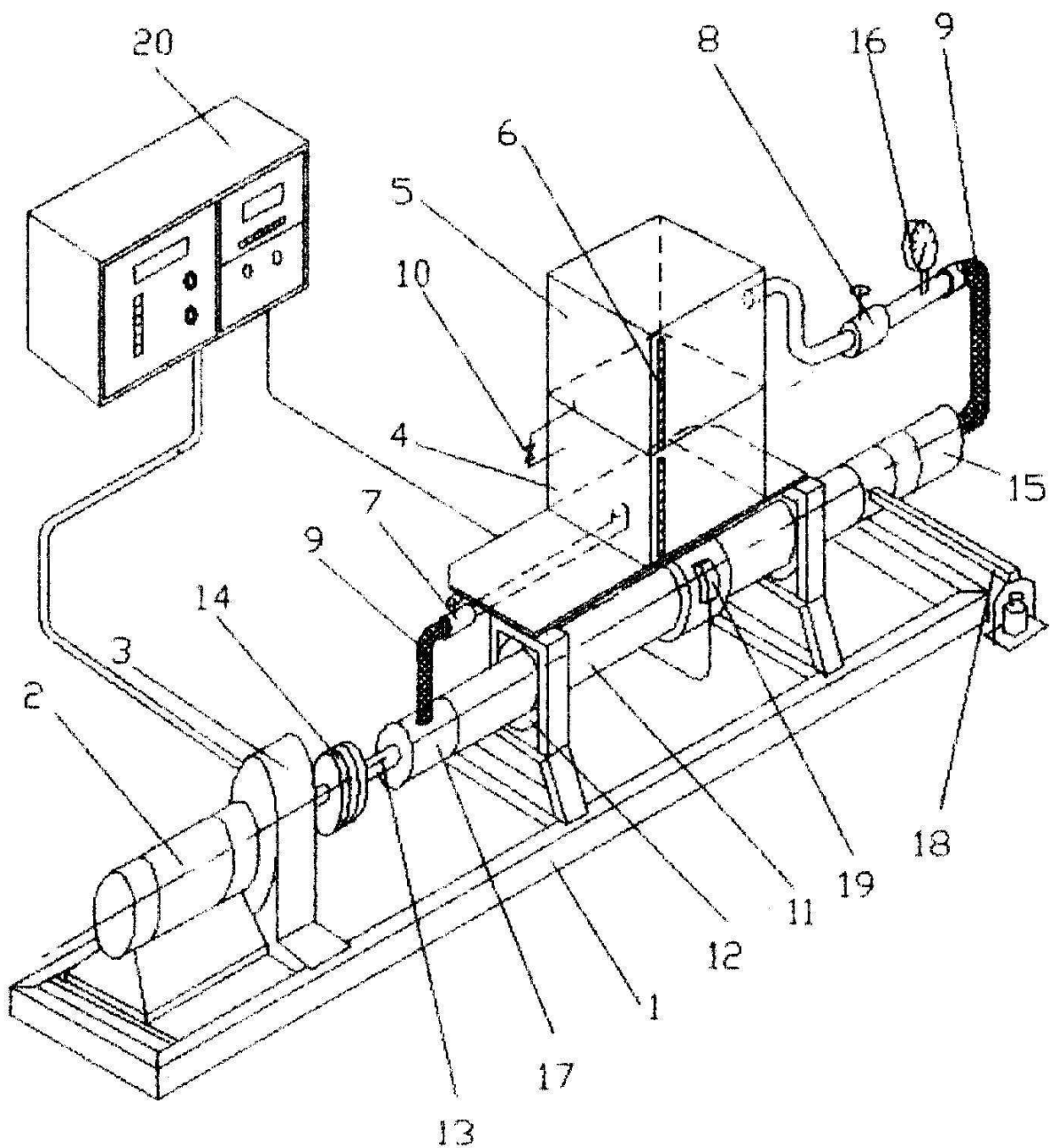


Рисунок – Стенд для испытаний винтовых насосов [6]

При проведении испытаний анализируются экспериментальные данные, которые позволяют разработать методику по устранению недостатков в работе насоса до установки его в скважину, тем самым повысить надежность работы винтового насоса и увеличить межремонтный период работы скважин, оборудованных винтовыми установками, что позволяет сократить число дорогостоящих подземных ремонтов.

В патенте RU № 2 436 059 описан стенд для электро-термо-бароиспытаний узлов скважинных приборов. В стенде, включающем источник

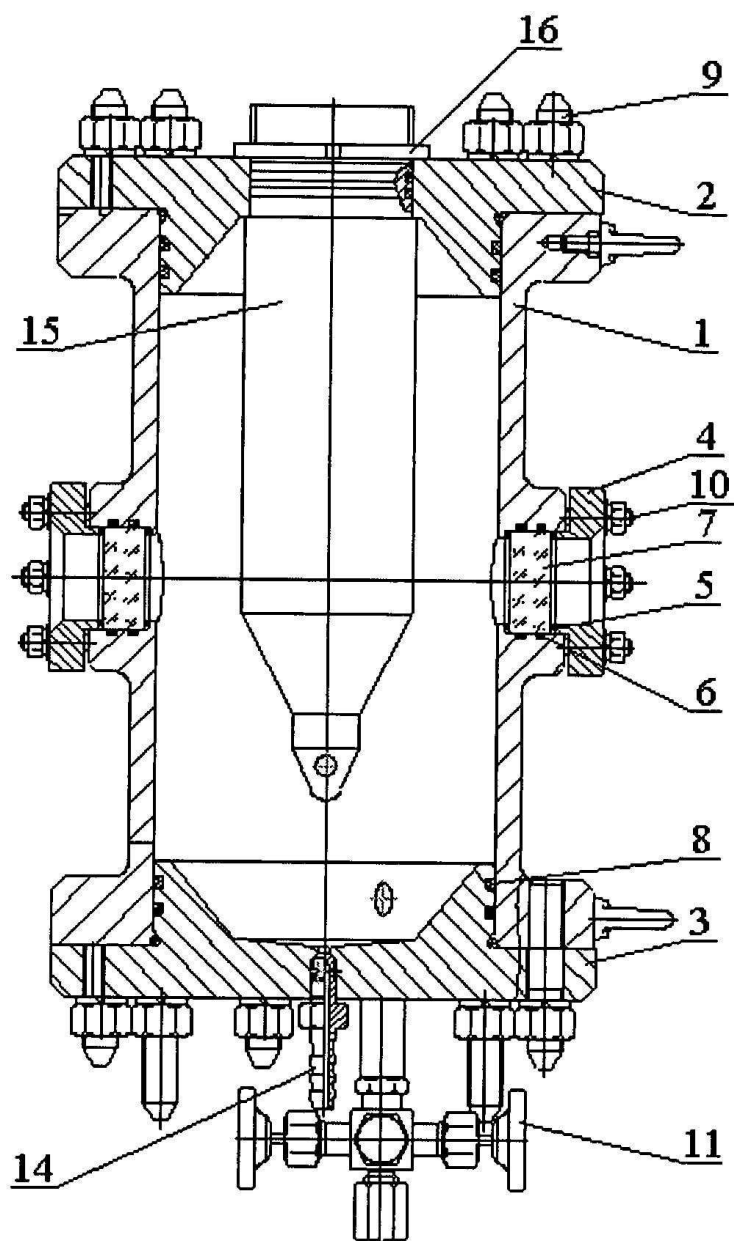
электропитания, установленный с возможностью соединения с испытываемым узлом, блок электрических измерителей и испытательную камеру высокого давления, ограниченную с торцов герметизирующими узлами с уплотнительными элементами, контактирующими с внутренней поверхностью камеры, внутренняя полость которой через канал и систему трубопроводов соединена с источником давления, датчиком регистрации статического давления и емкостью с рабочей средой, при этом в одном из герметизирующих узлов выполнено отверстие для пропускания и закрепления испытываемого узла, новым является то, что в качестве источника электропитания использован генератор высокого постоянного или импульсного напряжения, герметизирующие узлы выполнены металлическими в виде единого конструктивного элемента с крепежными элементами на торцевой поверхности и уплотнительными элементами, размещенными по боковой поверхности той части герметизирующего узла, которой он входит в полость камеры, каналы для соединения полости камеры с системой трубопроводов выполнены на другом герметизирующем узле, а блок электрических измерителей дополнительно содержит емкостной или омический делитель напряжения, датчики импульсного давления, стенка камеры в центральной части выполнена утолщенной со встроенными смотровыми окнами из броне- или оптического стекла и отверстиями для установки датчиков импульсного давления.

На заявляемом стенде (в испытательной камере высокого давления) можно проводить: а) испытания на термо- и баростойкость; б) испытания на коррозионностойкость; в) электрические испытания; г) испытания на ударную прочность; д) функциональные и граничные испытания, причем в условиях, имитирующих как наземные условия (при нормальном атмосферном давлении), так и скважинные, т.е. при высоких температуре и давлении. Кроме того, на стенде можно осуществлять чисто физические исследования, а именно измерения электрических, оптических и гидродинамических характеристик высоковольтного электрического разряда в различных по свойствам химических реагентах и смесях, которые используются для повышения нефтеотдачи

пластов.

Вначале на стенде осуществляются подготовительные работы. Испытательная камера устанавливается на подставке (монтажном столике). Испытываемый узел 15 - электродная система с уплотнениями на корпусе опускается через отверстие на крышке 2 камеры внутрь камеры и закрепляется шлицевой гайкой 16 на крышке камеры так, чтобы центр электродной системы - ее рабочий межэлектродный промежуток находился напротив смотровых окон 7. Затем камера переворачивается вверх дном. При открытом вентиле 11 во внутренний объем камеры через штуцер 14 заливается рабочая жидкость. После заполнения камеры вентиль 11 перекрывается, штуцер 14 выкручивается и на его место устанавливается технологическая заглушка. Камера переворачивается обратно дном вниз и закрепляется на подставке (монтажном столике). К входу вентиля 11 подключается трубопровод высокого давления от ручного испытательного насоса высокого давления. С помощью ручного испытательного насоса и нейтральной жидкости с плотностью, близкой к плотности рабочей среды, в камере создается высокое давление, которое соответствует гидростатическому давлению в нефтяной скважине, например 200 или 300 атм. При этом следят за показаниями манометра и состоянием на входе электродной системы. После достижения заданного давления вентиль 11 перекрывается и от него отсоединяется трубопровод высокого давления.

Стадия термо-, баро- и коррозионных испытаний электродной системы 15 осуществляется следующим образом. При залитой и подогретой, например, до 60-100°C рабочей жидкости (сырой нефти, или углеводородном растворителе, или минерализованной пластовой воде) и избыточном гидростатическом давлении в камере, равном пластовому (например, 200-300 атм), с помощью манометра и термометра ведутся измерения давления и температуры в камере, а за входом электродной системы (ее центральным токоподводом и входным изолятором) осуществляется визуальный контроль. Каких-либо электрических присоединений к электродной системе на стадиях термических, гидравлических и коррозионных испытаний не осуществляется.



Фиг.1

Рисунок – Стенд для электро-термо-бароиспытаний узлов скважинных приборов [7]

Измерения, осуществляемые при граничных или функциональных испытаниях электродной системы, позволяют подтвердить пороги прочности и функциональные возможности электродной системы аппарата, заданные в ТУ на аппарат. Кроме того, после серии разрядов, можно проанализировать состояние электродной системы и по степени эрозии наконечника анода и механического или химического повреждения изолятора анода определить ресурс электродной системы.

В патенте RU № 1 242 64 описан стенд для испытания гидромашин.

Стенд содержит емкость 1 с рабочей жидкостью, включенный по открытой схеме циркуляции сдвоенной аксиально-поршневой насос 2 с приводом 3, гидромотор 4, испытуемый редуктор 5, причем валы гидромотора 4 и испытуемой гидромашины (насоса) 6 кинематически соединены через редуктор 5. В нагнетательных магистралях 7 и 8 каждой секции сдвоенного аксиально-поршневого насоса 2 установлены нагрузочный клапан 9(10) и расходо- мерное устройство 11(12). Вход гидромотора 4 подключен к нагнетательной магистрали 7 одной секции сдвоенного насоса 2 между его выходом и входом нагрузочного клапана 9, а выход - на слив в емкость 1 с рабочей жидкостью. Вход испытуемой гидромашины 6 подключен к - выходу другой секции сдвоенного насоса 2 до нагрузочного клапана 10. Выход испытуемой гидромашины 6 соединен с нагнетательной магистралью 8 секции сдвоенного насоса 2 до нагрузочного клапана 10. Обе линии испытуемой гидромашины 6 соединены с нагнетательной магистралью 8 через систему обратных клапанов 13, 14, 15, 16. Выход гидромотора 4 соединен через обратный клапан 17 с нагнетательной магистралью 8 секции сдвоенного насоса, с которой соединена испытуемая гидромашина 6.

При обкатке насоса 6 без нагрузки включается сдвоенный аксиально-поршневой насос 2. Предохранительный 18 и нагрузочный 9 клапаны при этом закрыты, а нагрузочный клапан 10 открыт, от левой секции насоса 2 жидкость по нагнетательной магистрали 7 подается в гидромотор 4 и сливается в емкость 1. Через редуктор 5 насос 6 начинает вращаться в сторону, определяемую вращением выходного вала редуктора 5. Рабочая жидкость от правой секции сдвоенного насоса 2 по нагнетательной магистрали 8 через обратные клапаны 13 или 14 (в зависимости от направления вращения вала насоса 6) проходит в насос 6 и выходит из него через обратные клапаны 15 или 16, проходя на слив через открытый нагрузочный клапан 10 и расходомерное устройство 11.

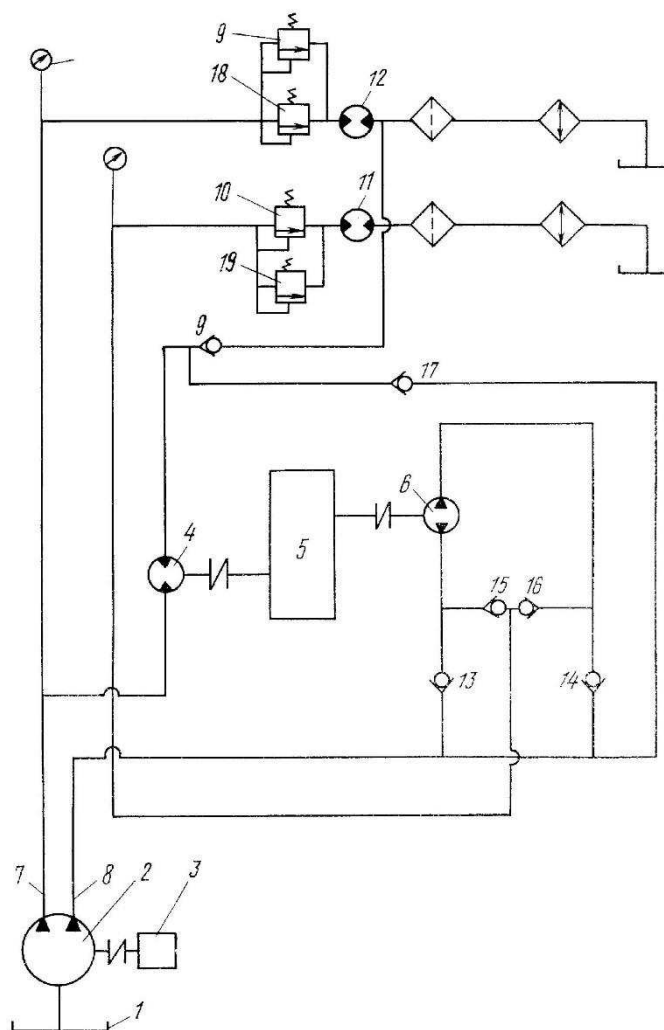


Рисунок – Стенд для для испытания гидромашин [8]

Стенд позволяет испытывать не только сдвоенные аксиально-поршневые гидронасосы, а также реверсивные гидронасосы и проводить обкатку редукторов.

В патенте RU № 2 270 373 описан стенд для испытания агрегатов гидрообъемных приводов. Стенд содержит смонтированный на раме приводной вал 1 для подключения к нему испытываемого однопоточного аксиально-поршневого гидронасоса 2, первый 3 и второй 4 гидробаки, первую линию 5 всасывания, вход которой подключен к первому гидробаку 3, а выход предназначен для подключения к входу гидронасоса 2, и напорно-сливную линию 6, снабженную регулируемым дросселем 7 и установленным перед ним тройником 8. Вход линии 6 подключают к выходу гидронасоса 2, а выход линии 6 подключен ко второму гидробаку 4. Стенд содержит также вторую линию 9

всасывания, вход которой подключен ко второму гидробаку 4 в нижней его части, а выход подключают к входам испытываемого многопоточного аксиально-поршневого гидронасоса 10.

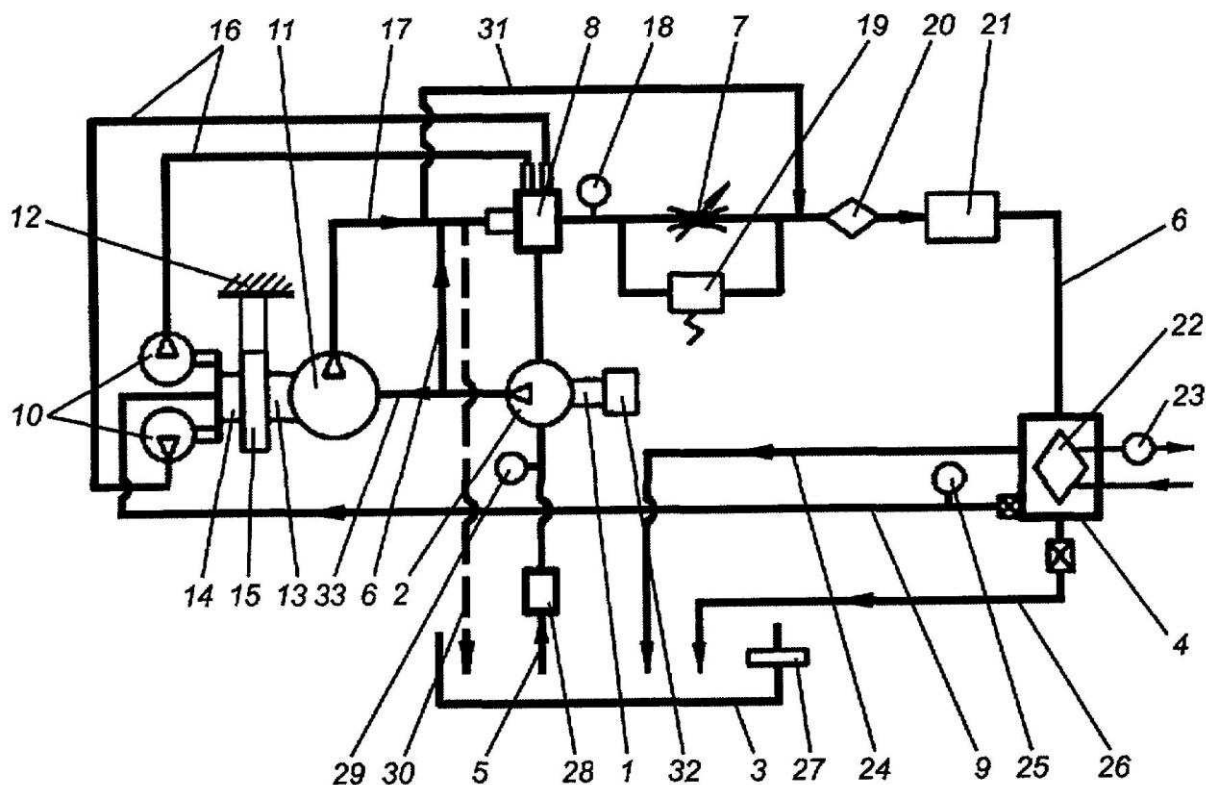


Рисунок – Стенд для испытания агрегатов гидрообъемных приводов [9]

В стенде увеличена номенклатура испытываемых на нем гидрообъемных приводов, а именно однопоточных и многопоточных аксиально-поршневых гидрообъемных приводов, включающих в себя аксиально-поршневые гидромоторы, гидронасосы и многопоточные аксиально-поршневые насосы.

Выводы

В первой главе рассмотрены недостатки кабельного и аккумуляторного питания скважинных батарей. Вследствие чего выбрано оборудование для измерения на стенде, которое может служить, в том числе источником питания скважинной батареи инклинометрической системы. Проведен патентный обзор существующих гидродинамических стендов.

2 Методы и средства измерения течений жидкости

2.1 Турбулентное течение

Турбулентное течение - форма течения жидкости или газа, при которой вследствие наличия в течении многочисленных вихрей различных размеров жидкие частицы совершают хаотичные неустановившиеся движения по сложным траекториям в противоположность ламинарным течениям с гладкими квазипараллельными траекториями частиц. Турбулентные течения наблюдаются при определенных условиях (при достаточно больших Рейнольдса числах) в трубах, каналах, пограничных слоях около поверхностей, движущихся относительно жидкости или газа твёрдых тел, в следах за такими телами, струях, зонах перемешивания между потоками разной скорости, а также в разнообразных природных условиях.

Турбулентные течения отличаются от ламинарных не только характером движения частиц, но также распределением осреднённой скорости по сечению потока, зависимостью средней или макс. скорости, расхода и коэффициентом сопротивления от числа Рейнольдса Re , гораздо большей интенсивностью тепло-и массообмена.

Система переходит от упорядоченного пространственно-временного поведения к турбулентному при увеличении степени её неравновесности, которую можно характеризовать, так называемым управляющим параметром (или параметрами) - Рейнольдса числом или его аналогами. Значения управляющего параметра, при которых один тип движения системы теряет устойчивость и на смену ему приходит другой, называются критическими. Переход к турбулентности может происходить как скачкообразно (регулярное движение сразу сменяется турбулентным), так и в результате цепочки последовательных усложнений движения. При этом возможны ситуации, когда

временное поведение поля температуры, скорости, давления или других характеристик среды становится хаотическим при сохранении регулярной пространственной структуры. Хотя такой режим обычно турбулентностью не называют, он обладает одним из основных её свойств - невозпроизводимостью движения при сколь угодно точном задании начальных и граничных условий.

При прохождении потока через прямоточный завихритель идет его преобразование в пульсирующий турбулентный поток колебаниями давления в периферийной зоне.

2.2 Вихревой расходомер

Вихревые расходомеры - счетчики предназначены для измерения объемного и массового расхода жидкостей, газов и пара. Расходомеры состоят из блока электроники и первичного преобразователя. Блок выполнен в виде цилиндрического корпуса с отсеками для смотрового окна и разъемов. На корпусе расположены кабельные вводы и переходник для преобразователя.

Поток жидкости или газа пытается обогнуть тело, установленное в расходомере, в результате движения меняет направление обтекающих струй и увеличивает скорость, уменьшая при этом давление. После прохождения препятствия (тела) за миделевым сечением, происходит уменьшение скорости и увеличение давления. Таким образом, на передней части обтекаемого тела наблюдается повышенное давление, а на задней - пониженное давление. Пройдя миделевое сечение, пограничный слой потока отрывается от тела и под действием перепада давлений (из высокого в низкое), образуемого за телом, меняет направление своего движения, создавая завихрения. При этом, образование завихрений происходит поочередно с обеих сторон тела.

Некоторые вихревые расходомеры, для усиления выходного сигнала используют несколько обтекаемых тел, которые равноудалены друг от друга. Тела обтекания, при этом, могут иметь различную форму: круглую, квадратную, треугольную, трапециевидную. Например, обтекаемое тело в виде

прямоугольной призмы, устанавливаемое на некоторые приборы, может иметь специальные пьезоэлементы на боковых гранях, защищенные эластичными мембранами, и исключают влияние шумовых помех.

В зависимости от метода съема сигнала пульсации давления или вихреобразования выделяют несколько видов сенсоров:

- Пьезоэлектрические датчики изгибающего момента типа «крыло»

Универсальный прибор, устанавливаемый после тела обтекания и выступающий в поток своим чувствительным элементом – крылом (лопаткой). Регулятор преобразует силовое воздействие каждого отдельного вихря на крыло. Поочередные удары вихрей преобразуются в частотный электрический сигнал, который проходит через усилитель в электронный блок расходомера. Вторичный преобразователь переводит аналоговый сигнал в цифровой, обрабатывает его по заложенным алгоритмам, фильтрует и передает на цифровой выход. Одновременно с этим, обработанный цифровой сигнал преобразовывается в аналоговый и передается на токовый и частотно-импульсный выходы.

- Пьезоэлектрические датчики пульсации давления

Два датчика пульсации давления расположены за телом обтекания на внутренней поверхности проточной части. Принцип фиксирования частоты вихреобразования также основан на силовом воздействии вихрей на чувствительные элементы. В «ЭМИС-ВИХРЬ» 200» такие датчики используются для работы с высокотемпературными средами до 450 градусов.

- Ультразвуковые датчики вихреакустических расходомеров

В отличие от предыдущих принципов фиксирования частоты вихреобразования, основанных на силовом воздействии на чувствительный элемент, в вихреакустических расходомерах используется принцип наложения частоты вихреобразования на частоту несущего ультразвукового сигнала. За телом обтекания, напротив друг друга, расположены излучатель и приемник акустической волны. На излучатель подается напряжение, которое преобразуется в ультразвуковой сигнал, направленный перпендикулярно потоку

и образующимся вихрям от тела обтекания. Проходя через поток и взаимодействуя с вихрями, ультразвуковой сигнал модулируется по фазе и попадает на приемник, на котором преобразуется в электрический сигнал и поступает в электронный блок. Полученный сигнал обрабатывается вторичным преобразователем, из него выделяется полезная частота вихреобразования.

К положительным моментам стоит отнести: высокую стабильность показаний, точность измерений, простоту в эксплуатации, нечувствительность к загрязнениям, отсутствие подвижных частей, охватывает практически весь спектр веществ - сред измерения.

Из недостатков - обладает большой чувствительностью к вибрациям, так же при измерениях требуется значительная скорость потока, ограничение по диаметру труб не более 300мм и менее 150мм и отмечаются просадки по давлению.

2.3 PIV метод

Развиваются оптические методы диагностики, включая разработку, создание и внедрение лазерных систем регистрации параметров реагирующих систем. Определение локальной скорости в потоках осуществляется с использованием лазерных доплеровских систем (ЛДИС) и методов анемометрии по изображениям частиц (PIV).

Появление термина PIV (Particle Image Velocimetry) - международное название метода цифровой трассерной визуализации, связывают с работой, в которой метод PIV был выделен как частный случай метода лазерной спеклометрии LSV (Laser Speckle Velocimetry)), базирующегося на оптическом преобразовании Фурье яркостных картин.

Следует отметить, что методы LSV развивались изначально применительно к анализу деформаций при нагружении твердотельных образцов. Метод PIV, вследствие более низкой концентрации трассеров, при которой различимы отдельные частицы, более подходит для анализа структуры

турбулентного течения, так как влияние второй фазы на поток в этом случае незначительно.

Развитие цифровой и компьютерной техники и, как следствие, применение цифровых методов регистрации изображений и обработки данных для стробоскопической трассерной визуализации еще более укрепило позиции PIV среди оптических методов исследования потоков, сократив время регистрации и обработки на порядки. Применение корреляционного анализа для определения смещения частиц, а также изобретение цифровой кросскорреляционной камеры для записи пар изображений обеспечили еще больший прогресс и создали условия для дальнейшего совершенствования алгоритмов обработки.

Метод цифровой трассерной визуализации, относящийся к классу бесконтактных оптических методов, позволяет регистрировать мгновенные поля скоростей в плоскости измерения. Одним из важнейших его преимуществ является отсутствие возмущающего влияния на поток. К достоинствам метода можно также отнести широкий динамический диапазон измеряемых скоростей, что позволяет использовать его для исследования сложных турбулентных течений. Еще одно преимущество PIV состоит в возможности набирать и обрабатывать на обычном персональном компьютере значительный объем экспериментальных данных для расчета статистических характеристик течения.

К ограничениям PIV можно отнести неидеальность трассирующих частиц (размер, плотность), приводящую к тому, что трассеры не всегда точно следуют за потоком. Кроме того, диаметр используемых частиц ограничивает размер элементарной области измерения снизу, а использование более мелких частиц сопряжено с влиянием броуновского движения на их смещение, а также накладывает ограничения на мощность источника излучения и чувствительность регистрирующей аппаратуры. Конечный объем элементарной измерительной области, для которого рассчитывается вектор скорости, приводит к пространственному усреднению по размеру ячейки

подобно тому, как это происходит при численном моделировании.

Область применения метода PIV довольно обширна. Она включает в себя фундаментальные научные исследования, направленные на изучение динамики и масштабов вихревых структур в потоках жидкости и газа, получение дифференциальных и статистических характеристик, а также оценку достоверности математического моделирования и коррекцию численных моделей для турбулентных потоков. Помимо этого, метод PIV широко применяется и в прикладных исследованиях. Здесь можно выделить задачи оптимизации обтекания летательных аппаратов и судов в авиастроении, кораблестроении, конструкций промышленных агрегатов в энергетике и нефтегазовой промышленности, изучение процессов в двигателях внутреннего сгорания. Постепенно увеличивается число приложений PIV для задач исследования микропотоков, таких как управление процессами синтеза веществ в микрофлюидных аналитических системах, физическое моделирование работы искусственных сосудов и клапанов в медицине.

На протяжении последних 20 лет развития и применения метода обозначилось несколько направлений, связанных с оптимизацией и совершенствованием методов обработки данных с целью улучшения качества получаемых данных. Прогресс в развитии компьютерной техники позволяет разрабатывать и совершенствовать методы обработки с сохранением приемлемого для исследователей времени расчета. Это увеличение динамического диапазона измеряемых скоростей, улучшение пространственного разрешения метода, применение кросскорреляционного анализа для течений с существенным градиентом скорости, таких как пограничный слой и слой смешения. К этому можно добавить общую проблему выявления источников систематической и случайной погрешностей расчетных процедур и минимизации этих погрешностей. Одним из таких источников можно назвать проблему группировки рассчитанных смещений частиц на изображении около целочисленных значений, что приводит к существенным

искажениям реальной формы распределений компонент скорости по полю. Существует проблема детектирования и отсева ошибочных векторов, появление которых связано с влиянием шума и ошибками в определении положения максимума корреляционной функции, неизбежными при автоматизированной обработке больших массивов данных. Все указанные проблемы тесно связаны между собой и не могут рассматриваться отдельно друг от друга.

PIV – аббревиатура от Particle Image Velocimetry – измерение скоростей введенных в поток частиц путем визуализации векторных полей скоростей на основе цифровой обработки изображений частиц в потоке. 3-х мерная стереоскопическая система 3D Stereoscopic PIV система – это система в конфигурации с двумя камерами, использование которых позволяет получить третью координату векторов скорости.

В основе работы измерительного комплекса лежат метод лазерной трассерной визуализации потока (PIV-метод). Комплекс позволяет получать 2-х и 3-х мерные поля скоростей ламинарных и турбулентных потоков газов и жидкостей.

Для исследования потока методом PIV необходимо осветить лазером сечение потока, для которого будут построены карты векторов скорости. Обычно используется импульсный лазер с двумя резонаторами, генерирующий на длине волны 532 нм, или аналоги. На выходе лазера устанавливается специальная оптика световой завесы – набор линз, преобразующих лазерный луч в расходящуюся плоскость лазерного излучения, называемую световой завесой. Световой завесой освещается сечение потока.

Цифровая камера (для 2-мерных PIV измерений используется одна камера) устанавливается таким образом, чтобы оптическая ось объектива камеры была перпендикулярна плоскости световой завесы. При использовании импульсного лазера, кадры камеры синхронизируются с импульсами излучения с помощью специального блока синхронизации.

Программное обеспечение определяет среднее смещение частиц в каждой области корреляции в поле зрения камеры для каждой пары кадров. В

результате, отображается карта векторов скорости для каждой пары кадров, каждый вектор на карте является средним перемещением частиц в области корреляции. Программ записывает изображения частиц в потоке, делает цифровую обработку изображений, обрабатывает изображения, получая двумерные векторные карты, выводит статистическую информацию о скоростях, выводит результаты измерений в количественном или наглядном виде. Для использования PIV метода необходимы два окна оптического доступа в область измерений для лазера и камеры.



Рисунок 1 - Принципиальная схема работы измерительного комплекса лазерной трассерной визуализации

Принцип действия PIV системы основан на использовании излучения видимой части спектра для импульсной подсветки выбранного сечения потока жидкости или газа с возможностью наблюдения и корреляционной обработки света, рассеянного специальными частицами (трассерами), специально вводимыми в поток в определенной концентрации в виде жидкости, и движущимися вместе с ним.

В проводимых опытах используется различные специальные жидкости (например, синтетическое масло, которое имеет химическую формулу $C_{26}H_{50}O_4$). Установка, включающая компрессор и насадки, распыляет жидкость до размера частиц, равных примерно 1000 нм.

Поток подсвечивается сформированным лазерным пучком, исходящим из высокоскоростного импульсного лазера с двумя однотипными излучателями.

Изображения упомянутых трассерных частиц в освещенном лазером объеме записываются высокоскоростными цифровыми матричными видеокамерами. По смещению изображений на последующем кадре по отношению к предыдущему и известному временному интервалу между этими кадрами (частота лазерных импульсов) для каждой из видеокамер путем компьютерной кросскорреляционной обработки вычисляется скорость потока в исследуемых сечениях.

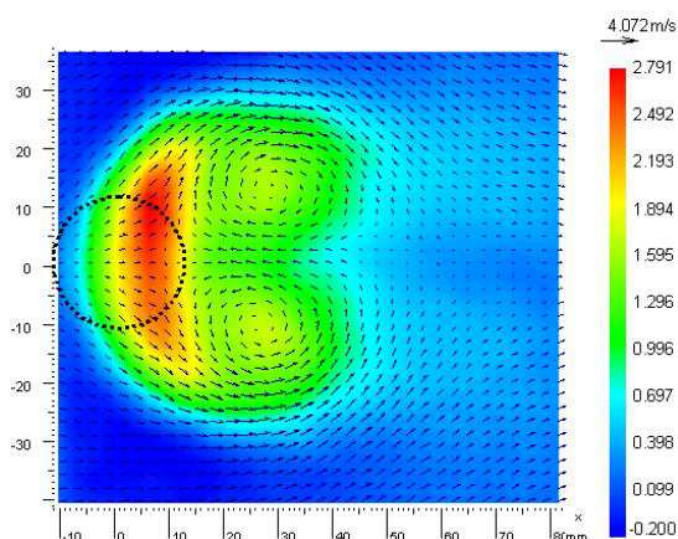


Рисунок 2 - Карта трехмерных векторов скоростей потока

При исследовании течений с помощью PIV системы важным является качественный засев исследуемого потока трассерами. Геометрические размеры частиц, их физические свойства, а также правильная концентрация в исследуемой области потока являются необходимыми условиями эффективной работы всей системы.

Специальные частицы, предварительно помещаемые в поток жидкости или газа, являются датчиками скорости. Частицы должны быть достаточно малы для того, чтобы без искажений следовать линиям тока исследуемого течения. С другой стороны, частицы должны быть достаточно велики для того, чтобы отражать свет в количестве, необходимом для его регистрации цифровой камерой. В идеальном случае частицы должны иметь нейтральную плавучесть, т.е. иметь плотность, равную плотности жидкости или газа, из которого состоит

исследуемый поток. Размеры частиц в экспериментах с использованием PIV комплексов могут варьироваться от 10000 до 50000 нм.



Рисунок 3 - Высокоскоростные матричные фотокамеры

Важной характеристикой трассерных частиц является значение их гидравлической крупности, т.е. скорости, с которой частица под действием гравитации движется вниз. Данный параметр особенно важен при исследовании течений с малыми скоростями. Предварительную оценку гидравлической крупности трассерных частиц можно дать, используя формулу:

$$\omega = gd^2 \frac{\rho_p - \rho}{18\nu}$$

где: ω - гидравлическая крупность в м/с, d – диаметр трассерной частицы, ρ_p - плотность частицы, ρ - плотность среды, в которой перемещается частица, ν - кинематическая вязкость среды, в которой перемещается частица.

Данная формула справедлива для условий равномерного движения (падения) частицы и числа Рейнольдса $Re < 1$. Методические опыты по определению точного значения гидравлической крупности трассерных частиц продолжаются, но уже сейчас можно предварительно сказать, что примерная скорость оседания равна 10-0,75 см/ч. в диапазоне диаметров частиц от 100 до 5000 нм. Практически это туман, который не рассеивается в измерительном объеме при нулевой скорости потока воздуха часами. Размеры частиц

маленькие, нанометрового и микрометрового диапазона, плавучесть их очень близка к измеряемой среде. Масса частиц колеблется в микрограммовом диапазоне.

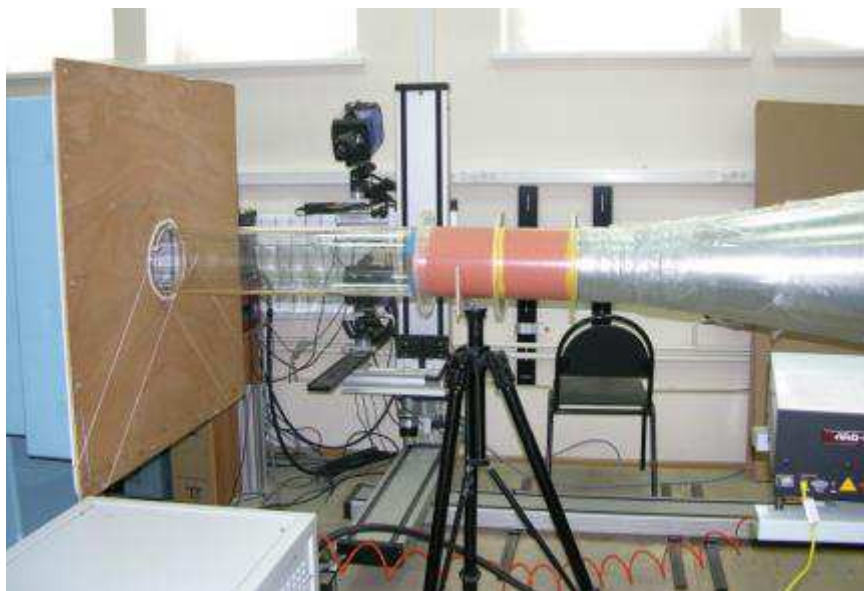


Рисунок 4 - Модельная зона и область исследования течения

2.4 LDA измерения

Лазерная доплеровская анемометрия или LDA является широко используемым инструментом для исследований динамики текучих сред в газах и жидкостях, который применяется уже более тридцати лет. Эта зарекомендовавшая себя методика дает информацию о скорости потока.

Принцип действия лазерного доплеровского анемометра (ЛДА) заключается в следующем. Движущийся объект облучают пучком лазерного излучения от неподвижного источника. Это излучение отражается от объекта и регистрируется неподвижным приемником. Вследствие эффекта Доплера, частота излучения, попадающего на приемник, будет отличаться от частоты излучения неподвижного источника на некоторую величину, пропорциональную скорости движения объекта относительно источника и приемника.

Частота колебаний световой волны очень велика, и для видимого света

имеет величину порядка 10^{15} Гц. В настоящее время практически невозможно непосредственно измерить столь высокую частоту оптических колебаний с точностью, достаточной для обнаружения доплеровского сдвига частоты (ДСЧ). Поэтому для определения величины доплеровского сдвига частоты применяют метод оптического смешения. На фотоприемник направляются одновременно две световые волны, имеющие различные частоты. В результате интерференции этих волн, интенсивность света на поверхности фотоприемника изменяется с частотой, равной разности частот колебаний этих волн.

Фотоприемник преобразует световое излучение в переменный электрический сигнал, величина которого прямо пропорциональна интенсивности светового излучения на его поверхности в каждый момент времени. Таким образом, частота электрического сигнала фотоприемника оказывается равной величине ДСЧ и прямо пропорциональной скорости движения объекта. Для измерения частоты сигнала фотоприемника используются различные радиотехнические методы. В настоящее время для обработки сигналов в лазерных доплеровских анемометрах применяются цифровые методы.

Для примера был выбран лазерно–оптический доплеровский измеритель скорости 3D–LDA ЛАД-056С (рисунок 5), предназначенный для бесконтактного измерения скорости потока жидкости или газа. Он позволяет одновременно измерять три составляющие полного вектора скорости по характеристикам обратного рассеяния на частицах.

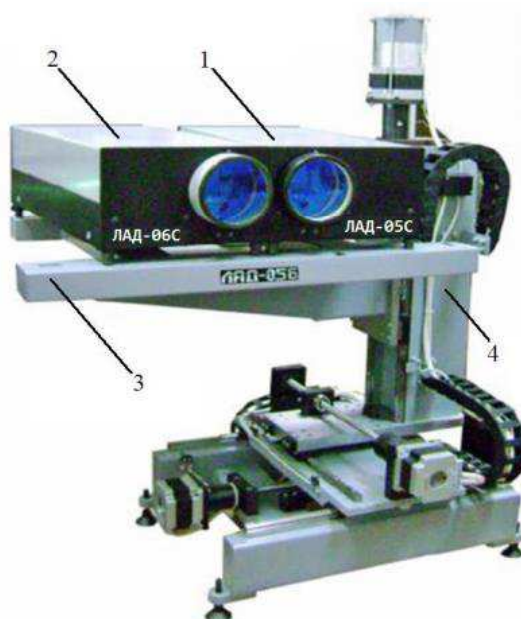


Рисунок 5 - Общий вид измерительного комплекса 3D-LDA ЛАД-056С: 1 – оптоэлектронный модуль ЛАД-05С; 2 – оптоэлектронный модуль ЛАД-06С; 3 – юстировочная платформа; 4 – координатно-перемещающее устройство (КПУ)

Измеритель ЛАД-056С имеет два специальным образом соединённых оптических блока ЛАД-05С и ЛАД-06С. Каждый из этих блоков является двухмерным лазерным доплеровским измерителем скорости.

Принцип работы ЛАД-056С следующий. Каждый блок на выходе из объектива направляет в точку исследуемого потока лучи (рисунок 3.5), которые образуют две пары лазерных пучков – горизонтальную и вертикальную (луч 2 в каждом блоке является общим). Каждая пара лучей в области пересечения формирует интерференционную картину в плоскости расположения пучков. Для измерения скорости исследуемый поток специально засеивается трассерными микрочастицами, которые идеально должны увлекаться потоком. Пролетая через общую область пересечения лучей, частица «вспыхивает», рассеивая свет, и «угасает», посылая в приёмную оптику оптических блоков характерный сигнал рассеянного света из области пересечения лучей, промодулированный по амплитуде и частоте из-за наличия интерференции. Этот «доплеровский» сигнал («вспышка») анализируется оптоэлектронным блоком измерителя и выдаётся значение мгновенной скорости для данной трассерной частицы. Таким образом, один блок выдаёт значения мгновенной скорости частицы в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

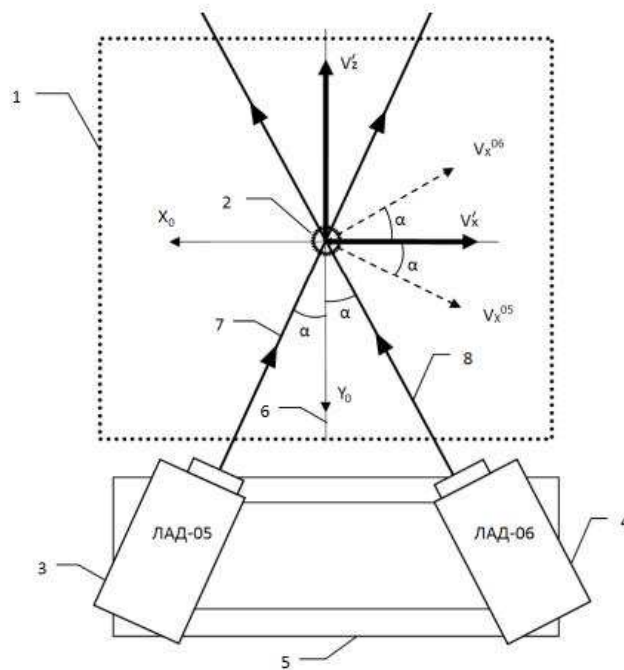


Рисунок 6 - 1 – область измерений; 2 – точка пересечения лазерных пучков; 3 – блок ЛАД-05С; 4 – блок ЛАД-06С; 5 – юстировочная платформа; 6 – биссектриса угла между лучами приборов ЛАД-05С и ЛАД-06С; 7 – направление лучей ЛАД-05С; 8 – направление лучей ЛАД-06С

Оптоэлектронный блок и препроцессор сигнала реализованы в виде одного моноблока. Внутренняя оптическая схема ЛАД-05С зеркально симметрична по отношению к схеме ЛАД-06С.

Порядок настройки измерителя при определении скорости изучаемого потока состоит из следующих этапов:

-Выбор частоты эффективной дискретизации измерителя, осуществляется в соответствии с фактическими скоростями потока. Например, для скоростей 8 м/с минимальным значением этой частоты является 2 МГц.

-Настройка параметров чувствительности системы в соответствии с методикой изготовителя.

-Задание соответствующего экспериментального плана позиционирования. Оно сводится к вводу координат точек сканирования (X_0 ; Y_0 ; Z_0).

Результатом проведения эксперимента является файл базы данных Microsoft Access с последующим возможным экспортом в Excel.

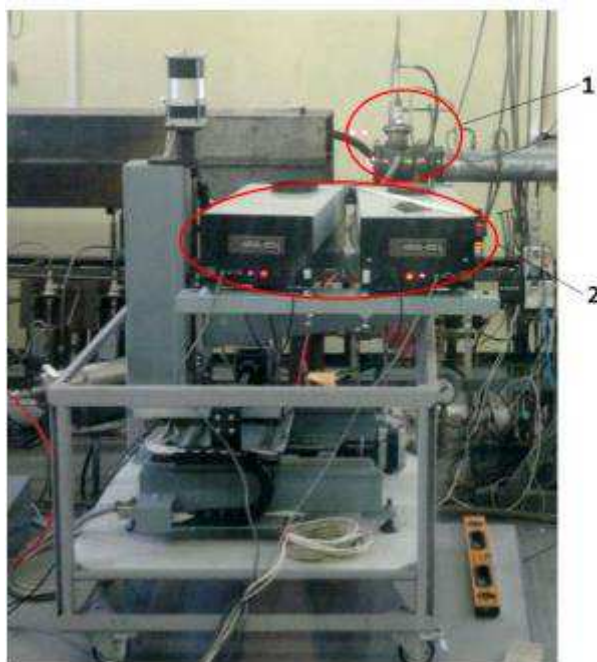


Рисунок 7 - Размещение ЛАД-056 на стенде: 1 – измеряемое устройство; 2 – оптические блоки ЛАД-056С

Последовательность проведения эксперимента по определению скорости газа на выходе из унифицированного горелочного устройства состоит из следующих этапов:

- Выход объекта исследования на необходимый режим работы
- Ввод области пересечения лучей в поток с трассерными частицами (командами перемещения для КПУ с помощью программного обеспечения ЛАД-056С).
- Настройка параметров дискретизации и чувствительности приёмной оптики с помощью программного обеспечения ЛАД-056С на максимально возможное качество принимаемого доплеровского сигнала и частоту сбора данных.
- Совмещение области пересечения лучей с осью измерения.
- Задание плана эксперимента в координатах $(x_0; y_0; z_0)$ (задание координат массива точек пространства) относительно точки на оси.
- Запуск эксперимента.
- Мониторинг и поддержание параметров режима работы стенда в процессе эксперимента.
- Окончание эксперимента и обработка полученных данных.

2.5 Достоинства и недостатки цифровой трассерной визуализации

В настоящее время методы цифровой трассерной визуализации нашли широкое применение в различных областях, начиная с медицины, авиастроительной сферы и заканчивая химической и нефтегазодобывающей промышленностью.

Так, бесконтактные методы исследования кинематической структуры потока, в частности цифровая трассерная визуализация, позволяют получить общую картину механизма изменения структуры потоков без нарушения гидродинамической структуры, что позволяет повысить точность измерения расхода в условиях производственной эксплуатации.

К планарным методам относятся Particle Image Velocimetry (PIV), Micro Particle Image Velocimetry (Micro PIV), Particle Tracking Velocimetry (PTV). Stereo Particle Image Velocimetry (Stereo PIV), Tomographic Particle Image Velocimetry (Tomographic PIV) относятся к объемным методам исследования кинематической структуры потока.

Particle Image Velocimetry служит для определения мгновенного поля скоростей потока в заданном сечении за счет измерения перемещения частиц примеси в плоскости сечения за фиксированный интервал времени.

Метод PTV практически идентичен с методом PIV. Итогом измерения PTV метода так же являются мгновенные двухкомпонентные поля скорости. Но в отличие от PIV метода вектор скорости измеряется по перемещениям отдельных трассеров в потоке, а не группы. Метод PTV применяется в случае, если плотность образов частиц очень мала. Обработка изображений так же производится с помощью корреляционных алгоритмов.

К положительным качествам метода можно отнести обширный диапазон измеряемых потоков, что позволит определить параметры при больших числах Рейнольдса.

К недостаткам PIV можно отнести предварительно запускаемые частицы,

из-за своих размеров и плотности могут приводить к тому, что они могут не всегда точно следовать за преобладающим потоком. Вместе с тем, использование наиболее меньших частиц накладывает определенные требования на источник подсвечивания и корректную работу регистрирующего оборудования.

2.6 Определение необходимых параметров для исследования эффективности завихрителя

В завихрителе потока рабочей среды движение жидкости характеризуется пульсирующим турбулентным потоком, вследствие этого необходимо измерять линейную и окружную скорости. Данную задачу целесообразно решать с помощью измерительной системы PIV.

Цифровая трассерная визуализация делится на: планарные методы, позволяющие получить две компоненты скорости - продольную и поперечную; объемные методы, позволяющие вычислить трехкомпонентное поле скорости.

Выводы

Во второй главе рассмотрены методы измерения завихрения жидкости для исследования эффективности завихрителя потока рабочей среды. Определены необходимые параметры для измерения.

3 Разработка гидродинамического стенда

3.1 Выбор насоса

В качестве насоса выбираем насос буровой НБ-160/6,3 (НБ4-160/6,3), который предназначен для нагнетания промывочной жидкости в скважину при бурении на глубину до 2000 м при вращательном и вращательно-ударном

бурении. В качестве промывочной жидкости могут применяться глинистые, цементные растворы, эмульсия, вода.

Таблица 1

Наименование параметра	Норма
Подача л/мин	40
Частота вращения коленчатого вала	147
Давление на выходе, МПа	6,3
КПД, не менее, %	75

3.2 Принцип действия стенда

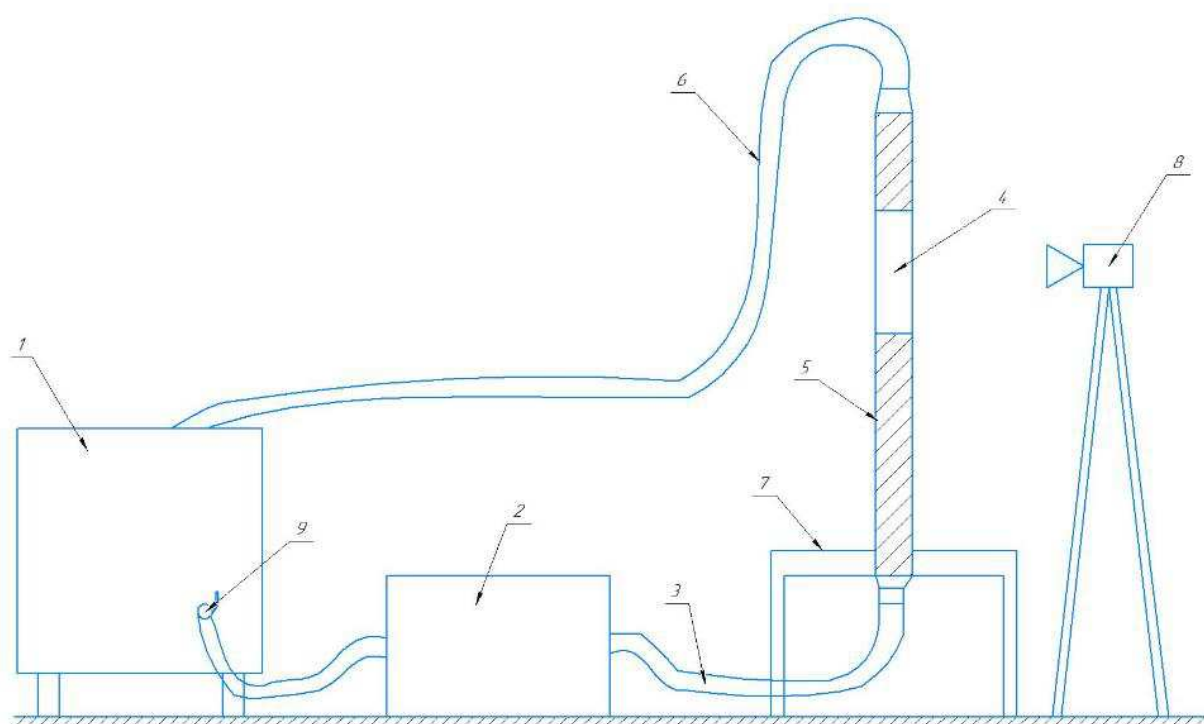


Рисунок – схема стенда для исследования завихрителя, где 1 – бак рабочей жидкости 1 м³, буровой насос НБ-160/6,3; 3 – напорная линия, 4 – завихритель, 5 – труба, 6 – сливная линия, 7 – опоры трубы, 8 – измерительная установка PIV, 9 – шаровый кран

Стенд работает следующим образом: бак (1) предварительно заполняется

рабочей жидкостью и синтетическим маслом, которое имеет химическую формулу $C_{26}H_{50}O_4$. Насосом (2) из бака (1) по напорной линии рабочая жидкость подается в нижнюю часть трубы. Рабочая жидкость проходит через завихритель (4). Измерительная система PIV (8) регистрирует скорость движения жидкости внутри завихрителя (4). После выхода из завихрителя(4) жидкость направляется в верхнюю часть трубы и далее через сливную линию, состоящую из рукавов высокого давления (6), возвращается обратно в бак (1). Предлагается использовать условный диаметр трубы 114 мм.

Выводы

Третья глава посвящена разработке экспериментального стенда для исследования гидродинамического технологического устройства, то есть завихрителя потока рабочей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы была создана схема гидравлического стенда для исследования гидродинамического технологического устройства.

В ходе выполнения работы были решены следующие задачи:

- сбор информации о существующих схемах и устройствах гидравлических стендов;

- оценка и определение необходимых параметров для исследования эффективности завихрителя;

- обзор приборов для измерения заданных параметров;

Проанализированы недостатки кабельного и аккумуляторного питания скважинных батарей. Рассмотрены методы измерения завихрения жидкости для исследования эффективности завихрителя потока рабочей среды. Определены необходимые параметры для измерения

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Янтурин, А. Ш. Передовые методы эксплуатации и механика бурильной колонны:/ - Уфа: Башк. кн. изд-во, 1988. - 135-141с.

2 Сароян, А.Е. Теория и практика работы бурильной колонны:/ - М.: Недра, 1990. - 127-139 с.

3 Кобринский А.Е. Механизмы с упругими связями:/ - кн. изд-во Наука 1964. - 308-312с.

4 Дукарт А.В. Задачи теории ударных гасителей:/ Москва, изд-во ассоциации строительных вузов, 2006. – 54-57с.

5 Катпин А.А. Краткий обзор устройств гашения колебаний:/ Томск 2001, 86с.

6 Бидерман В.Л. Теория механических колебаний:/ Москва 1980, 343с

7 Правила эксплуатации буровых кабелей

8 Башмур К.А., Петровский Э.А. Завихритель и способ закрутки потока текучей среды, скважинный электрогенератор, содержащий завихритель потока текучей среды и способ генерирования электроэнергии в скважине // Патент РФ

№ 2695735. – 2019.

9 Адаптивные алгоритмы обработки изображений частиц для расчета мгновенных полей скорости М. П. Токарев, Д. М. Маркович, А. В. Бильский Институт теплофизики СО РАН, Новосибирск, Россия.

10 Применение метода цифровой трассерной визуализации для анализа турбулентных потоков с периодической составляющей / С. В. Алексеенко [и др.] // Приборы и техника эксперимента. – 2004. – № 5. – С. 145–153.

11 Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов /Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др. - 4-е изд., стереотипное, перепечатка со второго издания 1982 г. - М: «Издательский дом А льян с», 2010. - 423 с.: ил.

12 Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод: учеб. Пособие для вузов / под ред. С. П. Стесина. - М.: Академия, 2005. - 335 с. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 332.

13 Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод: учеб. Пособие для вузов / под ред. С. П. Стесина. - М.: Академия, 2005. - 335 с. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 332.

14 Гидравлика и гидропривод: учеб. пособие / Н.С.Гудилин, Е.М.Кривенко, Б.С.Маховиков, И.Л.Пастоев; Ред. И.Л.Пастоев. - 3-е изд., стереотип. - М.: МГГУ, 2001. - 519 с.: ил. - (Высшее горное образование). - Библиогр.: с. 518.

15 Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х томах. /под редакцией Косиловой А.Г., Мещерякова Р.К.: Москва «Машиностроение» 1986 г.

16 Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в 2-х т. /Москва «Машиностроение» 2001 г

17 Кувалдин Е.И., Перевоицков В.Д.: Расчет припусков и промежуточных размеров при обработке резанием. /учебное пособие; Киров 2005 г.

18 Общетехнический справочник / Под ред. Е. А. Скороходова. — М.: Машиностроение, 1982. — 416 с.

19 Должиков В.П.: Разработка технических процессов механообработки в

мелкосерийном производстве. /учебное пособие; Издательство ТПУ, Томск 2003 г.

20 Иванов А.С., Давыденко П.А., Шамов Н.П.: Курсовое проектирование по технологии машиностроения. / учебное пособие; Москва, РИОР, ИНФРА-М 2012г.

21 Допуски и посадки: Справочник в 2-х томах. /под редакцией Мягкова Л.К.: Москва «Машиностроение» 1983г.

22 Правила устройства электроустановок. Минэнерго СССР, 6-е издание – Энергоатомиздат, 1996. – 640с.

23 Гидропневмоавтоматика и гидропривод мобильных машин. Объемные гидро- и пневмопередачи: учебник / под ред. В.В. Гуськова, – Минск: Высшая школа, 1987.

24 Васильченко В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин: справочник / В.А. Васильченко. – М.: Машиностроение, 1983.

25 Объемные гидравлические приводы: учебник / под ред. Т.М. Башты, – М.: Машиностроение, 1968.

26 Барышев, В.И. Объемные гидромашины: учебное пособие по курсовому проектированию: в 2 ч. / В.И. Барышев, К.К. Лайко – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010. – Ч.1.

27 Свешников, В.К. Станочные гидроприводы: справочник / В.К. Свешников – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Машиностроение, 2008.

28 Бильский А.В. Гидродинамическая структура осесимметричной импульсной струи: Дис. канд. физ.-мат. наук. Новосибирск, 2006. 184 с.

29 ГОСТ 6540–68. Гидроцилиндры и пневмоцилиндры. Ряды основных параметров. – М.: Изд-во стандартов, 1991.

30 ГОСТ 16516–80. Гидроприводы объемные, пневмоприводы и смазочные системы. Условные проходы. – М.: Изд-во стандартов, 2009

ПРИЛОЖЕНИЕ А

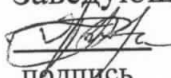
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Нефти и Газа

Кафедра «Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Петровский Э.А.
подпись инициалы, фамилия
« 21 » 06 2021 г.

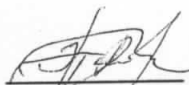
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Разработка гидравлического экспериментального стенда для
исследования гидродинамических технологических устройств

15.04.02 «Технологические машины и оборудование»

15.04.02.02 «Надежность технологических машин и оборудования
нефтегазового комплекса»

Научный руководитель


подпись, дата

зав. кафедр., г.т.н.
должность, ученая степень


Э.А. Петровский
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

В.С. Раков
инициалы, фамилия

Рецензент


подпись, дата

профессор, г.т.н.
должность, ученая степень

А.Н. Анисимов
инициалы, фамилия

Красноярск 2021