

НИГЯР САМЕД КЫЗЫ ЗЕЙНАЛОВА

**ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ
ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В ТРУБОПРОВОДАХ ПУТЕМ
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗАДВИЖКАМИ**

**3354.01 – Строительство и эксплуатация
нефтегазопроводов, баз и хранилищ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по технике**

БАКУ - 2014

Работа выполнена в Азербайджанском Техническом Университете

Научный руководитель:

Заслуженный деятель науки,
доктор технических наук,
профессор

Г.А.Гусейнов

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор

С.Р.Расулов

кандидат технических наук,
доцент

Н.М.Сафаров

Ведущая организация: Азербайджанский Архитектурный и
Строительный Университет.

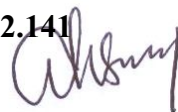
Защита диссертации состоится «17» июня 2014 г. в
11⁰⁰ часов на заседании Диссертационного совета D02.141
Азербайджанской Государственной Нефтяной Академии по
адресу: AZ 1010, г.Баку, пр.Азадлыг 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Азербайджанской Государственной Нефтяной Академии.

Автореферат разослан «16» мая 2014 г.

Просим Вас отправить отзыв на автореферат в двух
экземплярах, заверенный печатью по вышеуказанному адресу.

Ученый секретарь
Диссертационного совета D02.141
д.т.н., проф.



А.М.Алиев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Рациональная организация транспортировки газов и жидкостей существенно влияет на водно- и топливно-энергетическое состояние страны. Транспортировка газов и жидкостей, в основном, осуществляется посредством трубопроводов и трубопроводной арматуры. С системой трубопроводной транспортировки связаны такие отрасли народного хозяйства как нефтяная, газовая, энергетическая, химическая и т.д. В качестве примера по нефтяной и газовой промышленности для экспорта углеводородов Азербайджана на мировые рынки ранее была разработана нефтяная стратегия Республики, которая предусматривала следующие маршруты транспортировки нефти:

- Северный Баку-Новороссийск, протяженностью 1400 км, диаметр 530 мм, пропускная способность 115000 баррелей в день;
- Западный Баку-Супса, протяженностью 837 км, диаметр 530 мм, пропускная способность 145000 баррелей в день;
- основной экспортный Баку-Тбилиси-Джейхан, протяженностью 1773 км, пропускная способность 1 млн. баррелей в сутки;
- газопровод Баку-Тбилиси-Эрзурум, протяженностью 970 км, диаметр трубы 42 дюйма.

Известно, что общая система трубопроводной транспортировки состоит, в основном, из трех основных элементов: трубопровода, трубопроводной арматуры и насосной станции. Из литературных источников следует, что бесперебойная работа системы транспортировки во многом зависит от стабильной работы трубопровода. Согласно эксплуатационному опыту причинами аварий на трубопроводе, в зависимости от отрасли производства, являются в 60-80% гидравлические удары (ГУ). В трубопроводах ГУ, в основном, происходит из-за резкого повышения давления, причинами которого могут быть быстрое закрытие отсекающего устройства; резкая остановка насоса по различным причинам; ошибочные действия обслуживающего персонала и т.д. Произошедшие на линии трубопровода аварии могут привести к следующим последствиям: на трубопроводах для транспортировки нефти, нефтепродуктов и химических реагентов к потере транспортируемых веществ и загрязнению окружающей среды (на сегодняшний день проблемам загрязнения окружающей среды уделяется особое внимание); при возникновении аварии на линии водопровода отключаются линии водоснабжения; при возникновении

аварии на линии трубопроводов теплосети отключаются системы теплоснабжения и т.д.; если в системе водо- или теплоснабжения авария произошла на территории города, то на время восстановительных работ приходится останавливать движение транспорта.

Как примеры к вышесказанному можно привести следующие, взятые из Internet-а сведения. В Москве в 2005 году в результате отключения насосной станции произошла авария. Некоторые районы города остались без водоснабжения. В 2006 году в Восточно-Казахстанской области из-за возникновения ГУ на трубопроводе произошла авария, что привело к срыву теплоснабжения в тысячи жилых домах. В 2007 году в Нью-Йорке, опять-таки, из-за возникновения ГУ произошла авария на теплотрассе. В результате аварии в течение суток было парализовано движение транспорта, перекрыто пять линий метро.

Кроме этого, аварии на линии трубопровода помимо естественных причин (ГУ, коррозия, трещины и т.д.), могут возникнуть и из-за «некорректного» закрытия задвижки при возникновении аварии. Опишем этот процесс. Например, при эксплуатации трубопровода произошла авария. Ясно, что в этом случае необходимо немедленно закрыть задвижку, так как происходит утечка транспортируемого сырья (нефти, нефтепродуктов, горючий реагентов, воды и т.д.), которая приводит с одной стороны к потере этого сырья, а с другой стороны к загрязнению окружающей среды, что не приемлемо. Помимо этого необходимо провести ремонтно-восстановительные работы. Необходимо отметить, что для закрытия трубопроводов с большим диаметром используются различные виды приводов, такие как электроприводы, гидроприводы и пневмоприводы. Эти приводы, в основном, работают в полуавтоматическом режиме, т.е. включаются вручную. Причем, процесс закрытия задвижки происходит с постоянной скоростью. А как мы уже отметили, «медленное» закрытие задвижки приводит к потере транспортируемого сырья. Значит, задвижку необходимо закрыть с максимально возможной скоростью. Но слишком быстрое закрытие, т.е. «некорректное» закрытие может привести к резкому повышению давления, а это в свою очередь к возникновению эффекта ГУ до местонахождения задвижки, что может стать причиной возникновения новой аварии. Исходя из этого, необходимо найти такой способ закрытия задвижки, который бы решал обе проблемы одновременно: и немедленное закрытие задвижки и предотвращение возможности возникновения новой аварии.

Следует отметить, что вызванные из-за возникновения ГУ проблемы являются одними из сложнейших для отраслей занимающихся транспортировкой газов и жидкостей. И решение этих проблем является весьма актуальной задачей. Для их решения предложены различные методы и устройства, но все они, в основном, не предотвращают возможность возникновения ГУ, а производят его гашение, что не является решением проблемы в полной мере.

Поэтому на основе вышесказанного, **целью** диссертационной работы является исследование методов предотвращения возможности возникновения ГУ при экстренном закрытии задвижки на линии трубопровода путем усовершенствования процесса управления задвижками.

Для достижения цели были поставлены и решены **следующие основные вопросы:**

- разработана новая система управления с применением гидромотора, где в качестве источника энергии используется энергия транспортируемой жидкости;
- разработана система обратной связи между источником энергии и элементами системы управления, обеспечивающая наилучший режим работы (со ступенчатой скоростью движения), позволяющая избежать возможность возникновения ГУ на линии трубопровода. Данный вопрос решен как для гидроприводов с применением гидромотора, так и для гидроцилиндров одностороннего и двухстороннего действия, а также и для системы электропривода;
- предложена конструкция и определены параметры перепускного клапана и золотникового распределителя;
- с учетом введенных новшеств, предложена методика расчета гидроприводных управлений задвижек, обеспечивающая наилучшую работу соответствующих элементов и самих систем;
- теоретически исследована система регулирования гидромотора.

Объект исследования: трубопровод для транспортировки жидкостей, система управления работой крупногабаритных задвижек с применением гидромотора, силовых цилиндров одностороннего и двухстороннего действия, и электродвигателя.

Научная новизна:

- предложена конструкция перепускного клапана для автоматического включения приводов задвижек в случае возникновения аварийных ситуаций;
- определены параметры, обеспечивающие устойчивую взаимо-

связь между действиями перепускного клапана, золотникового распределителя с имеющимся в нем регулятором, гидромотора, гидроцилиндров и тиристорного управления электродвигателя и скоростью закрытия задвижки при возникновении аварийных ситуаций с учетом необходимости предотвращения возможности возникновения ГУ;

- получена передаточная функция отдельного узла гидропривода для управления задвижек с применением гидромотора;
- разработана и исследована параметрически оптимальная система регулирования гидромотора с использованием пакета Signal Constraint в составе Matlab/Simulink.

Практическая ценность выполненной работы:

- при проектировании трубопроводов для транспортировки жидкостей можно руководствоваться рекомендациями по применению соответствующих систем управления задвижек в зависимости от места и вида производства;
- с целью предотвращения возможности возникновения ГУ, существующие приводы можно переделать с учетом настоящих разработок и предложений;
- для транспортировки жидкости в магистральных трубопроводах можно использовать новую предложенную систему гидромоторного привода для управления задвижек, в котором не требуется наличие источника электроэнергии, не нужно производить прокладку кабелей и т.д.;
- предложенную систему расчетов можно использовать в проектных организациях при проектировании трубопроводов с применением новых способов управления задвижек по предложенным схемам.

Достоверность и обоснованность результатов. Возможность использования гидромоторного управления подтверждается работой экспериментальной установки, являющейся моделью управления крупногабаритных задвижек применяемых на трубопроводах. Полученные математические выражения проверены экспериментально, конструктивные решения сравнивались с существующими и действующими системами.

Реализация результатов работы. На основе предложенного способа управления и схемных решений получены патенты:

1. Устройство автоматического гидромоторного управления задвижкой (патент № I 2009 0197. 16.11.2009).

2. Регулятор скорости закрытия задвижки (патент № а 2009 0155. 19.12.2013).

Результаты исследования переданы НГДУ «Наримановнефть» для использования при проектировании и эксплуатации на трассах трубопроводов.

Апробация работы. Основные результаты данной работы докладывались на конференциях:

- Aspirant və gənc tədqiqatçıların elmi-texniki konfransı. AzTU, Məruzə materialları, Bakı, I hissə, 2006.
- Professor-müəllim heyətinin və aspirantların 53-cü elmi-texniki konfransı. Məruzə materialları, AzTU, I hissə, Bakı, 2006.
- Professor-müəllim heyətinin və aspirantların 53-cü elmi-texniki konfransı. Məruzə materialları, AzTU, II hissə, Bakı, 2006.
- Aspirant və gənc tədqiqatçıların elmi-texniki konfransının materialları. ADPU, Bakı, 2008.
- International symposium on engineering and architectural sciences of Balkan, Caucasus and Turkic Republics symposium, 24.10.2009, Isparta, Turkey.
- Müasir informasiya və kommunikasiya texnologiyalarının elmi-texniki konfransının materialları. 22-24.09.2011, Bakı.

Публикация. По результатам работы получены 2 патента, опубликовано 14 статей, 2 из них за рубежом.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 155 страницах машинописного текста и включает 52 рисунка. Список литературы состоит из 112 наименований.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Предложено четыре метода управления крупногабаритными задвижками обеспечивающие закрытие задвижки с оптимальной скоростью (при возникновении аварии) с учетом необходимости предотвращения возможности возникновения ГУ, и тем самым избежания новой аварии на трубопроводе до местонахождения отсекающего устройства.
2. Предложена конструкция перепускного клапана, обеспечивающая нормальную работу системы управления с применением гидромотора.
3. Предложена новая конструкция и методика расчета золотникового распределителя, обеспечивающая ступенчатую скорость перемещения запорного органа задвижки, и тем самым предотвращения воз-

- возможности возникновения ГУ;
4. Для определения мощности гидромотора предложена методика расчета с учетом действующих сил, как при закрытии, так и при открытии прохода задвижки. А также предложена методика расчета элементов системы управления (перепускного клапана, пружины, золотникового распределителя и т.д.).
 5. Получена передаточная функция отдельного узла гидропривода.
 6. Построена и исследована система автоматического регулирования гидромотора с использованием пакета Matlab/Simulink.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка используемой литературы.

Во введении обосновывается актуальность диссертационной работы, ее цель, научная новизна и практическая ценность полученных результатов.

Первая глава диссертационной работы посвящена литературному обзору источников, в которых рассматриваются разновидности отсекающих устройств и виды их управления. Объектом исследования настоящей диссертационной работы является крупногабаритная задвижка, которая используется на трубопроводах с большим диаметром. Конструктивные особенности задвижки являются основными показателями при организации их управления. В диссертационной работе приведены иллюстрационные материалы по видам приводов, по основным элементам системы и по схемам управления.

Автоматическое управление отсекающих устройств в зависимости от вида и места производства осуществляется посредством использования электроприводов, гидроприводов и пневмоприводов. Применение электроприводов связано с необходимостью использования электроэнергии, с прокладкой кабелей на большие расстояния, и что самое главное, необходимо помнить, что при возникновении аварии в первую очередь отключают электричество. А это значит, что задвижку придется закрывать вручную, что связано с затратами времени, потерей транспортируемого сырья, а также загрязнением окружающей среды. Использование пневмоприводов связано с необходимостью наличия на производстве компрессорных установок и устройств для очистки воздуха. Поэтому, в работе основное внима-

ние уделяется вопросам разработки метода управления задвижкой с использованием гидропривода.

Вторая глава посвящена аспектам возникновения ГУ и способам борьбы с ним. В данной главе отмечается, что на сегодняшний день нет способов обеспечивающих предотвращение возможности возникновения ГУ. Есть способы, позволяющие ослабить его действие. Ослабление действие ГУ осуществляется за счет использования таких устройств как, аккумулятор давления, обратные клапаны, пружинные клапаны, стабилизаторы давления и т.д.

В этой главе также приводится теоретическое обоснование вопросов возникновения ГУ, рассматривается схема процесса, который происходит на линии трубопровода при его возникновении.

Затем приводится вывод формулы для определения оптимального параметра времени закрытия задвижки, необходимого для предотвращения возможности возникновения ГУ

$$\tau = \frac{\rho v_0 2\ell}{\Delta P'_{уд}}, \quad (1)$$

где $\Delta P'_{уд}$ - действительное значение ударного давления; ℓ - расстояние на которое распространяется ударная волна; ρ - плотность транспортируемой жидкости, v_0 – скорость течения жидкости.

Здесь также было отмечено, что проведенные эксперименты по исследованию зависимости местного гидравлического сопротивления (ξ) (рис.1), являющегося показателем возникновения ГУ, от степени закрытия прохода (z) отсекающего устройства показали, что резкое повышение местного гидравлического сопротивления наблюдается тогда, когда перемещение шибера сверху вниз к закрытию прохода задвижки составляет 70% от общего пути перемещения. А это значит, что при возникновении аварийных ситуаций, для уменьшения потери перекачиваемой жидкости ~70% площади прохода отсекающего

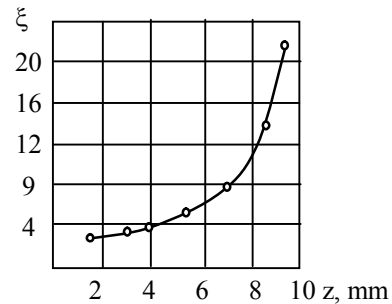


Рис.1. Зависимость коэффициента местного гидравлического сопротивления от положения запорного элемента

устройства можно закрыть с максимальной скоростью, а оставшиеся ~ 30% площади прохода во избежание ГУ и тем самым возникновения новой аварии до местонахождения отсекающего устройства, необходимо закрыть за время, большее по-сравнению с временем, которое получается из расчета по формуле (1). В диссертационной работе приводится конкретный расчет данного времени.

Третья глава диссертации посвящена разработке новых методов автоматического управления отсекающих устройств при возникновении аварийных ситуаций с учетом необходимости предотвращения возможности возникновения ГУ. Основным из них является новый метод автоматического управления крупногабаритных задвижек с применением гидромотора, где в качестве источника энергии используется энергия транспортируемой жидкости (за него получен патент № I 2009 0197. 16.11.2009). Этот метод позволяет не только управлять процессом закрытия задвижки при возникновении аварии, но что самое главное, позволяет предотвратить возможность возникновения ГУ до задвижки, что может стать причиной возникновения новой аварии. Общая схема предложенного управления задвижек с применением гидромотора представлена на рисунке 2.

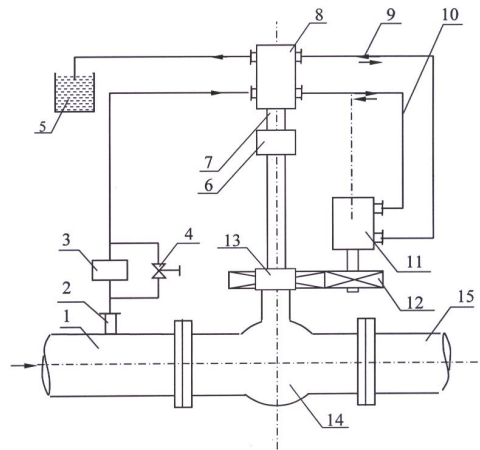


Рис.2. Общая схема управления задвижек с применением гидромотора

Данная схема работает следующим образом: при возникновении нестандартных ситуаций, т.е. при авариях в трубопроводе 15 после местонахождения задвижки давление в системе уменьшается

(например на 10%), открывается перепускной клапан 3 (вентиль 4 закрыт), небольшое количество перекачиваемой жидкости через патрубки направляется в золотниковый распределитель 8, а оттуда по трубке 9 в гидромотор 11. Жидкость приводит рабочий орган и тем самым вал гидромотора в действие. Вал гидромотора вращает шестерню зубчатой передачи 12, а она, в свою очередь, вращают винт задвижки 13. Вращательное движение винта превращается в поступательное (или обратно) движение шпинделя, которое в свою очередь перемещает шибер задвижки. Таким образом, проход задвижки закрывается. При этом за счет взаимосвязи шпинделя задвижки 13 и штока 7 золотникового распределителя, через соединительные конструкции 6, позиции поршней в распределителе изменяются.

Далее в диссертационной работе рассматриваются конструкция перепускного клапана и золотникового распределителя. Новая конструкция золотникового распределителя (за что был получен патент № а 2009 0155. 19.12.2013) отличается от существующих следующими новшествами (рис.3). По центру поршневой группы просверлено глухое отверстие – 5, где перемещается регулятор – 6. Между первым и вторым (сверху вниз) поршнем, а также вторым и третьим просверлены радиальные отверстия - 1, 2. Этапы перемещения отдельных элементов золотникового распределителя, соединительных стаканов и шпинделя задвижки показаны на рис.4. Принцип работы золотникового распределителя заключается в следующем. Как было описано выше, при возникновении аварии клапан открывается и определенное количество перекачиваемой жидкости из трубопровода до местонахождения задвижки поступает по каналу П₁ в золотниковый распределитель, а оттуда по каналу П₄ направляется в гидромотор. Вращательное движение через шестеренки передается винту задвижки и начинается закрытие прохода на высокой скорости. Когда перемещение шпинделя (что соответствует перемещению запорного органа - шибера задвижки) достигнет расстояния $0,7D_y$ начинают пере-

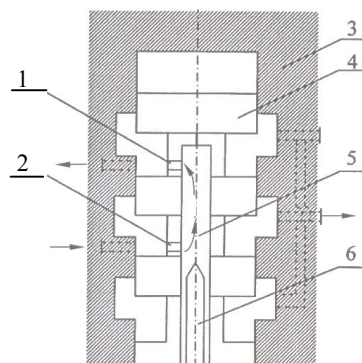


Рис.3. Конструкция нового золотникового распределителя

мещаться стаканы 2 и 3. Перемещение этих стаканов приводит к перемещению регулятора – 4 вниз и тогда открывается канал – 1 (рис.4). При открытии этого канала некоторая часть жидкости возвращается через центральный канал из зоны выхода золотникового распределителя в зону входа в него. Таким образом, расход жидкости поступающий в гидромотор уменьшается и соответственно скорость закрытия задвижки понижается.

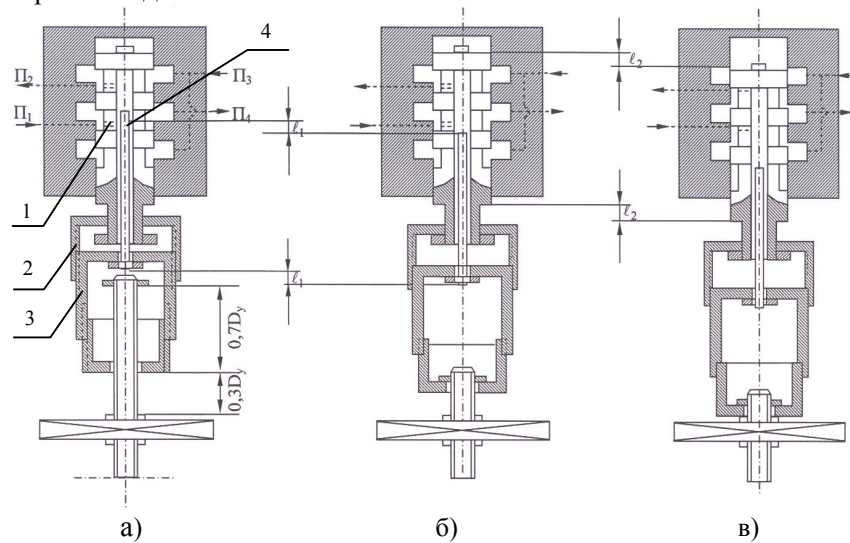


Рис.4. Этапы перемещения отдельных элементов золотникового распределителя, соединительных стаканов и шпинделя задвижки

В работе также рассматриваются методы управления задвижками с использованием силовых цилиндров двухстороннего и одностороннего действия. В них также предусматривается возможность регулирования скорости закрытия задвижки, позволяющая предотвратить возможность возникновения ГУ при возникновении аварии. Для решения этого вопроса предлагается использовать схему подобную схеме с гидромоторным управлением, конструкцию золотникового распределителя и тяговых стаканов, которые обеспечивают ступенчатую скорость закрытия задвижки.

Еще одним из способов управления крупногабаритных задвижек при возникновении аварийных ситуаций предлагается использовать регулируемый электропривод с тиристорным преобразователем фазового управления. В качестве элементов системы управления

можно использовать асинхронный двигатель. Бесконтактный пуск, регулирование частоты вращения, реверс двигателя, торможение осуществляется соответствующими тиристорами (общая схема приведена в диссертации). Ограничения пускового тока и частоты вращения осуществляется выбором угла отпирания тиристорov.

Четвертая глава диссертационной работы посвящена вопросам рассмотрения методики расчета элементов (гидромотора, перепускного клапана, золотникового распределителя) предложенной новой гидромоторной системы управления. При этом рассматриваются несколько вариантов. Первый, когда трубопровод работает в обычных, так называемых стандартных условиях эксплуатации. Второй, когда на линии трубопровода, после местонахождения задвижки происходит авария; и третья, когда авария произошла и необходимо предотвратить возможность возникновения ГУ при закрытии задвижки. Во всех трех случаях задача сводится к определению мощности используемого гидромотора.

Приведем методику расчета для обычного режима. Общая формула для определения мощности гидромотора необходимая для перемещения соответствующих элементов имеет следующий вид:

$$N_{г.м.} = \omega_{г.м.} \cdot M_{г.м.}, \quad (2)$$

здесь $\omega_{г.м.}$ - угловая скорость вала гидромотора; $M_{г.м.}$ - момент вала гидромотора. Между угловыми скоростями вала гидромотора и винтом задвижки имеется следующая взаимосвязь

$$\omega_{г.м.} = i \cdot \omega_{в.}, \quad (3)$$

здесь $\omega_{в.}$ - определяется из заданного времени закрытия задвижки τ и зависит от диаметра прохода задвижки - D_y . Известно, что

$$\omega_{в.} = 2\pi \cdot n_{в.} \quad (4)$$

где $n_{в.}$ - число оборотов винта, которую можно определить следующим образом

$$n_{в.} = \frac{n_1}{\tau}, \text{ где } n_1 = \frac{D_y}{\Delta_p}. \quad (5)$$

Здесь n_1 - количество оборотов для перемещения шпинделя на расстояние D_y ; Δ_p - шаг резьбы шпинделя, который зависит от D_y .

Между моментом вала гидромотора и моментом шпинделя имеется следующая взаимосвязь

$$M_{г.м.} = \frac{1}{i \cdot \eta} M_{шп}, \quad (6)$$

где i - передаточное число; η - КПД зубчатой передачи. В формуле (6) $M_{шп}$ зависит от касательной силы шпинделя и от радиуса шпинделя

$$M_{шп} = \mathcal{P}_{к.в.шп} \cdot r_{в.шп}. \quad (7)$$

Касательная сила зависит от осевой силы

$$\mathcal{P}_{к.в.шп.} = \mathcal{P}_{о.в.шп.} \cdot \text{tg}(\lambda + \rho), \quad (8)$$

где $\mathcal{P}_{о.в.шп}$ - осевая сила винта шпинделя, λ - угол, составляемый наклонной плоскости с горизонтальной; ρ - угол трения между плоскостью и движущимся телом.

Таким образом, задача сводится к определению большего значения (при открытии или закрытии) осевой силы. Эти силы показаны на рис. 5. В диссертационной работе приведены схемы (открытия и закрытия) и направление этих сил. Как видно из рисунка это следующие силы: $\mathcal{P}_{п.р}$ - сила трения между наружными поверхностями поршней и внутренней поверхностью золотникового распределителя; $\mathcal{P}_{р.р}$ - сила трения регулятора расхода; $\mathcal{P}_{с.з}$ - сила трения сальника задвижки; $\mathcal{P}_{ш}$ - сила трения шибера; \mathcal{P}_g - сила тяжести; \mathcal{P}_p - сила давления; $\mathcal{P}_{в.о}$ и $\mathcal{P}_{в.з}$ - сила трения винта возникающие соответственно при его открытии и закрытии.

Учитывая направление этих сил взаимосвязь между ними будет иметь следующий вид:

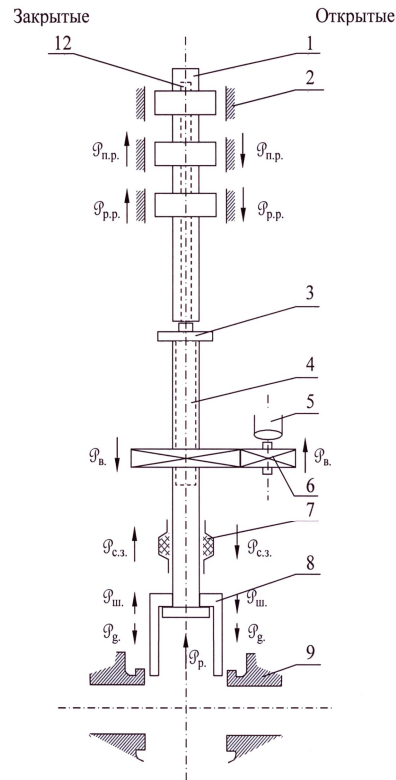


Рис.5. Схема направление действующих сил при открытии и закрытии задвижки

при закрытии

$$\mathcal{P}_{в.з} = \mathcal{P}_{п.р} + \mathcal{P}_{р.р} + \mathcal{P}_{с.з} + \mathcal{P}_{ш} - \mathcal{P}_g + \mathcal{P}_p, \quad (9)$$

при открытии

$$\mathcal{P}_{в.о} = \mathcal{P}_{п.р} + \mathcal{P}_{р.р} + \mathcal{P}_{с.з} + \mathcal{P}_{ш} + \mathcal{P}_g - \mathcal{P}_p. \quad (10)$$

В диссертационной работе более подробно приведены формулы и примеры расчета каждой из этих сил.

Методика расчета мощности гидромотора с учетом необходимости предотвращения возможности возникновения ГУ заключается в следующем. Зная расчетные значения времени перемещения шибера на $0,7D_y - (\tau - \tau_2)$ и на $0,3D_y - \tau_2$ можно использовать соответствующие выражения для определения скоростей

$$v_{1.ш} = \frac{0,7D_y}{\tau - \tau_2}, \quad v_{2.ш} = \frac{0,3D_y}{\tau_2}. \quad (11)$$

Далее по формулам

$$n_1' = \frac{0,7D_y}{\Delta_p}; \quad n_1'' = \frac{0,3D_y}{\Delta_p}. \quad (12)$$

можно вычислить число оборотов на соответствующие расстояния и используя их определить число оборотов в секунду на эти же расстояния

$$n_{шп}' = \frac{n_1'}{\tau_1}; \quad n_{шп}'' = \frac{n_1''}{\tau_2}. \quad (13)$$

Зная $n_{шп}'$ и $n_{шп}''$ можно вычислить угловые скорости $\omega_{шп}'$ и $\omega_{шп}''$ шпинделя, и из этих угловых скоростей через передаточные числа можно перейти к угловым скоростям вала гидромотора и, наконец, рассчитать требуемые мощности для отдельных участков.

Исходными данными для расчета перепускного клапана являются мощность гидромотора и давление в трубопроводе до местонахождения задвижки. Исходя из этих параметров, вычисляются расход и диаметры отдельных каналов внутри клапана. Пружина рассчитывается на основе действующих сил.

Методика расчета золотникового распределителя сводится к определению диаметра нижнего радиального отверстия, обеспечивающего закрытие 0,3 части прохода за заданное время τ_2 . Для этого, используя расчетное значение N_2 для гидромотора, рассчитывается расход жидкости Q_2 . Затем по формуле

$$Q' = Q_1 - Q_2 \quad (14)$$

определяется часть жидкости, которая возвращается из зоны выхода к зоне входа в золотнике. Зная значение Q' можно рассчитать диаметр этого отверстия.

Далее, в работе приводится методика расчетов гидроприводов с силовыми цилиндрами двухстороннего и одностороннего действия.

Пятая глава диссертационной работы посвящена вопросам моделирования и анализа динамики гидромоторного привода для управления задвижкой. В данном случае, основным новшеством является предложенный гидромоторный привод. В отличие от ранее используемых, здесь вместо насоса используется энергия самого потока, а вместо усилителя регулятор с обратной связью. Для определения уравнений и характеристики элементов, а также передаточных функций можно использовать схему экспериментальной установки (рис.6) являющейся моделью производственного объекта автоматического управления с использованием гидромотора. Подробное описание работы экспериментальной установки приведена в диссертационной работе. Отметим лишь то, что в качестве гидромотора использован шестеренный насос НШ-10.

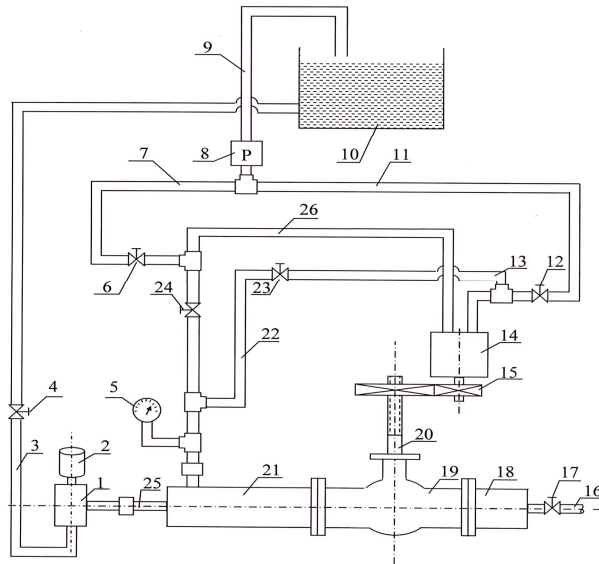


Рис.6. Схема экспериментальной установки

В работе рассмотрена и составлена передаточная функция безнасосной системы гидропривода с гидромотором определяющая зависимость угловой скорости гидромотора от расхода жидкости в перепускном клапане и имеющая вид

$$W_{г.м.}(s) = \frac{\Phi(s)}{H(s)} = \frac{K_{г.м.}}{s(T_{г.м.}^2 s^2 + 2T_{г.м.} \xi s + 1)}, \quad (15)$$

где – $K_{г.м.}$ – коэффициент усиления; $T_{г.м.}$ – постоянная времени, ξ – коэффициент затухания.

Далее рассматриваются вопросы, связанные с построением параметрически оптимальной системы регулирования гидромотора. В рассматриваемом случае регулятор предназначен для устранения колебаний гидромотора и обеспечения необходимого быстродействия. С этой целью использован стандартный ПИД-регулятор (пропорционально-интегральный дифференциатор регулятор). На рис.7 изображена схема имитационного моделирования системы регулирования с поиском оптимальных параметров настройки.

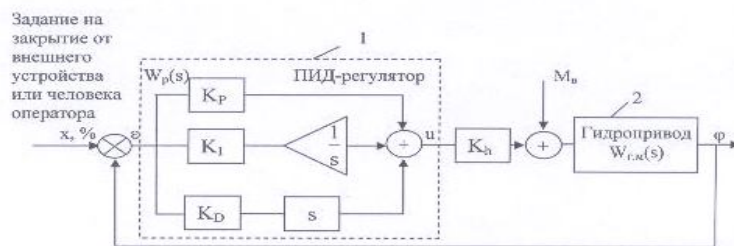


Рис.7. Структурная схема системы автоматического регулирования

Передаточная функция гидромотора $W_{г.м.}(s)$ определена выражением (15). Уравнение ПИД-регулятора:

$$u(t) = K_p \varepsilon + K_I \int_0^t \varepsilon d\tau + K_D \frac{d\varepsilon}{dt}.$$

или в виде передаточной функции

$$W_p = \frac{K_p s^2 + K_I s + K_D}{s}.$$

Необходимо определить такие оптимальные параметры настройки регулятора K_p , K_I и K_D , которые обеспечивают желаемый переходный процесс по выходу $\varphi(\tau)$. В качестве метода поиска в дис-

сертации использован пакет Simulink в составе Matlab. Алгоритм параметрической оптимизации заключается в следующем. Математическая модель управляемого объекта задается в виде

$$\frac{dx}{d\tau} = F(x, u, \tau, f) \quad (16)$$

здесь $\tau \in [0, T]$ – время; x - вектор состояния; u - вектор управления; f - внешнее возмущение. Управление задается в виде:

$$u = G(p, h)x, \quad (17)$$

где $p = d/d\tau$ - оператор дифференцирования; G - передаточная матрица; h - вектор искомых параметров настройки, например, при выборе ПИД-регулятора $h = (K_p, K_i, K_D)^T$.

Определяется такое значение параметра h , которое обеспечивает расположение переходного процесса $x(\tau, h)$ в желаемой области Ω_x , для $\forall \tau \in [0, T]$. Область Ω_x задается в виде коробочки Солодовникова и строится с учетом качественных показателей. На рис.8 показаны конфигурации заданной области Ω_x , переходные характеристики, соответствующие различным итерациям (а) и листинг вычислительного процесса. Найденные оптимальные параметры настройки $K_p = 3.2572$, $K_i = 0.1262$, $K_D = 16.2944$ определены за 8 итераций. Реальное время поиска составляет $\tau_n = 3$ мин.

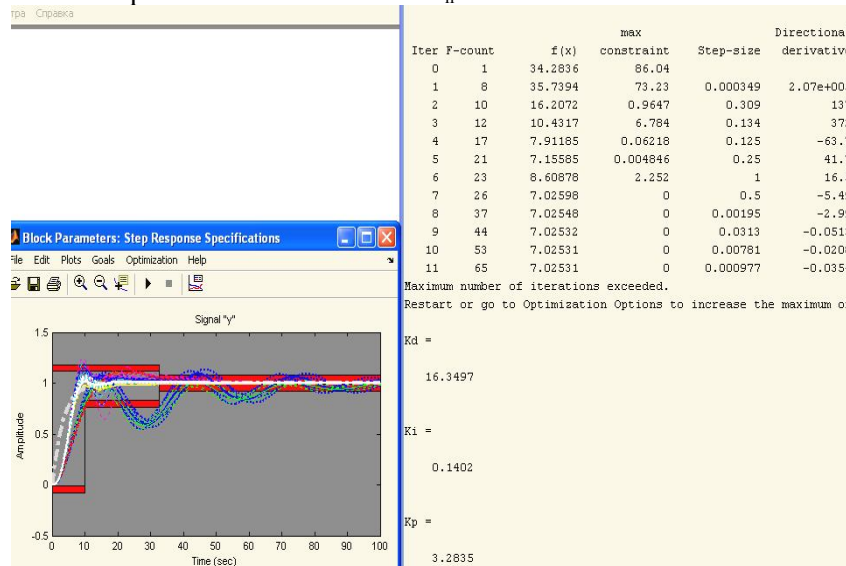


Рис.8. Область ограничений Ω_x и результаты поиска

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. На основе проведенного анализа предложены рекомендации по использованию различных видов приводов для управления крупногабаритных задвижек в зависимости от производства и места их применения;
2. Предложен и обоснован новый метод управления задвижек с применением гидромотора, работающего за счет энергии потока самой транспортируемой жидкости;
3. Предложены схемы для управления задвижек с использованием силовых цилиндров одностороннего и двухстороннего действия, а также для электроприводного управления;
4. Разработана система обратной связи для закрытия задвижек со ступенчатой скоростью с необходимостью предотвращения возможности возникновения ГУ на линии трубопровода. Эти системы предложены как для электропривода, так и для гидропривода с гидромотором, гидроцилиндром одностороннего и двухстороннего действия.
5. Составлены методики расчета элементов (направляющий клапан, регулирующие элементы золотникового распределителя, элементы обратной связи, тиристоры и т.д.) управления крупногабаритных задвижек при возникновении аварийных ситуаций с учетом необходимости предотвращения возможности возникновения ГУ, и тем самым новых аварий на линии трубопровода;
6. Собрана экспериментальная установка, являющаяся моделью предложенной новой системы управления работой задвижек с гидромотором для проверки разработанных теоретических и конструктивных вопросов;
7. Получены выражения передаточной функции для систем управления задвижек с применением гидромотора;
8. Построена и исследована система автоматического регулирования гидромотора с использованием пакета Matlab/Simulink.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Зейналова Н.С. Анализ работ систем автоматического управления отсекающих устройств. Aspirant və gənc tədqiqatçıların elmi-texniki konfransı. AzTU, Məruzə materialları, Bakı, I hissə, 2006.
2. Мамедов Г.А., Зейналова Н.С. Анализ работ систем автоматического управления арматур. Professor–müəllim heyuətinin və aspi-

- rantların 53-cü elmi-texniki konfransı. Məruzə materialları, AzTU, I hissə, Bakı, 2006.
3. Zeynalova N.S., Hüseynov S.O. Tənzimləyici klapanın işi və xarakteristikası. Professor–müəllim heyətinin və aspirantların 53-cü elmi-texniki konfransı. Məruzə materialları, AzTU, II hissə, 2006.
 4. Мамедов Г.А., Зейналова Н.С. Управление электроприводных крупногабаритных задвижек при возникновении аварийных ситуаций. Национальная Академия Наук Азербайджана. Институт Физики, ОАО «Азэрэнержи» АЗ. НИИПИИ Энергетики. Журнал «Проблемы энергетики», Баку, №4, 2007
 5. Зейналова Н.С. Автоматическое управление скорости движения шибера задвижки с помощью гидромотора при возникновении аварийных ситуаций. Aspirant və gənc tədqiqatçıların elmi-texniki konfransının materialları. ADPU, Bakı, 2008
 6. Зейналов Н.С., Гусейнов С.О. Передаточные функции безнасосной гидромоторной системы автоматического управления задвижек при возникновении аварийных ситуаций. “AzTU-nun Elmi Əsərləri” Elmi texniki jurnal. AzTU, Bakı, №1, 2008.
 7. Məmmədov H.Ə., Zeynalova N.S., Hüseynov S.O. Siyirtmənin avtomatik idarəetmə qurğusu. Azərbaycan Respublikasının Standartlaşdırma, Metrologiya və Patent üzrə Dövlət Agentliyi. İxtira üzrə Patent № İ 2009 0197. 16.11.2009.
 8. Зейналова Н.С., Гусейнов С.О. Золотниковый распределитель для регулирования скорости закрытия и открытия прохода задвижки с использованием гидропривода. Журнал «Вестник машиностроения» ISSN 0042-4633 Москва, № 9, 2009.
 9. Zeynalova. N.S. Automatic control of latches at emergencies in view of effect of hydraulic impact. International symposium on engineering and architectural sciences of Balkan, Caucasus and Turkic Republics symposium, 24.10.2009, Isparta, Turkey.
 10. Зейналова Н.С. Автоматическое электроприводное управление задвижек с учетом необходимости предотвращения возможности возникновения гидравлического удара. “Elmi əsərlər” Fundamental elmlər, AzTU, Bakı, 2011.
 11. Мамедов Г.А., Зейналова Н.С. Построение параметрически оптимальной системы регулирования гидромотора с использованием пакета MATLAB/SIMULINK. «AzTU-nun Elmi Əsərləri». Elmi Texniki jurnal. AzTU, Bakı, 2011.
 12. Мамедов Г.А., Зейналова Н.С. Применение принципа максимума

к управлению отсекающего устройства. Müasir informasiya və kommunikasiya texnologiyalarının elmi-texniki konfransının materialları. 22-24 sentyabr 2011-ci il. Bakı.

13. Зейналова Н.С. Управление задвижек с применением гидропривода, где в качестве элемента системы управления используется силовой цилиндр двухстороннего действия. «Nəzəri və tətbiqi mexanika» Ali məktəblərarası Elmi texniki jurnalı, №1, AzMİU, Bakı - 2012.
14. Зейналова Н.С. Сравнительный анализ автоматического управления электроприводных и гидроприводных задвижек. «AzTU-nun Elmi Əsərləri». Elmi Texniki jurnal. AzTU, Bakı, 2012.
15. Мамедов Г.А., Зейналова Н.С., Гусейнов С.О. Золотниковый регулятор скорости вращения вала гидропривода. Azərbaycan Respublikasının Standartlaşdırma, Metrologiya və Patent üzrə Dövlət Agentliyi. İxtira üzrə Patent № a 2009 0155.19.12.2013.
16. Гусейнов Г.А, Зейналова Н.С. Регулирование скорости закрытия задвижки при возникновении аварийных ситуаций. «AzTU-nun Elmi Əsərləri». Elmi Texniki jurnal. AzTU, Bakı, 2013.

Личный вклад соискателя в трудах, опубликованных в соавторстве:

- [2] анализ литературных и Internet источников;
- [3] построение теоретической характеристики клапана;
- [4] рассмотрен вопрос тиристорного управления задвижки со ступенчатой скоростью;
- [6] составлена и проанализирована схема безнасосного управления;
- [7] получены формулы для определения мощности гидромотора;
- [8] расчет скорости закрытия задвижки;
- [11] решение теоретических вопросов с помощью программы пакета MATLAB/SIMULINK;
- [12] постановка задачи;
- [15] получены формулы для расчета диаметра радиальных отверстий в золотниковом распределителе;
- [16] получена расчетная формула для определения времени закрытия со ступенчатой скоростью с целью предотвращения ГУ.

NİGAR SƏMƏD qızı ZEYNALOVA
SIYIRTMƏLƏRİN İDARƏ EDİLMƏSİNİ
TƏKMİLLƏŞDİRMƏKLƏ BORU KƏMƏRİNDƏ
HİDRAVLİK ZƏRBƏNİN QARŞISININ ALINMASI

XÜLASƏ

Girişdə dissertasiya işinin mövzusunun aktuallığı əsaslandırılmış, işin məqsədi və praktiki əhəmiyyəti göstərilmişdir.

Birinci fəsil boru kəmərlərində istifadə edilən armaturların hidravlik zərbə baxımından analizinə həsr edilmişdir. Burada elektrointiqaillı, hidroiintiqaillı və pnevmoiintiqaillı siyirtmələrin idarəetmə sistemləri analiz edilir. Analizlər əsasında dissertasiya işinin əsas məsələləri konkretləşdirilmişdir.

İkinci fəsildə boru kəmərinə hidravlik zərbə yaranması ilə əlaqədar axının parametrləri arasında qarşılıqlı əlaqələrin nəzəri əsasları verilmişdir. Siyirtmələrin bağlanma vaxtı ilə hidravlik zərbə zamanı təzyiğin artması arasında analitik ifadə alınmışdır.

Üçüncü fəsil boru kəmərlərində hidravlik zərbənin qarşısını ala bilən idarə üsullarının işlənməsinə həsr olunub. Buraya yeni təklif edilmiş hidromühərrikdən, bir və iki təsirli hidrosilindrlərdən və elektrointiqaıldan istifadə etmə üsulları aiddir. Bu üsullarda əsas məsələ hidravlik zərbənin qarşısını almaq və nəql olunan mayenin itkisinin azalmasını təmin edə biləcək siyirtmənin mərtəbəli sürətlə bağlanmasını təmin edən əks əlaqəli sxemin işlənməsidir. Bu məqsədlə zolotnikli paylayıcının konstruksiyasında dəyişikliklər edilmiş, xüsusi konstruksiyalardan istifadə edilmişdir.

Dördüncü fəsil boru kəmərinə hidravlik zərbənin yaranmamasını təmin edən üsulların sxemlərinə daxil olan elementlərin parametrlərinin tədqiqinə həsr olunmuşdur. Buraya ötürücü klapan, zolotnikli paylayıcı, hidromühərrik, xüsusi konstruksiyalı elementlər və s. aiddir.

Beşinci fəsildə yeni təklif edilmiş hidromühərriklə idarəetmə sisteminə aid qurğunun eksperimental modelinə, ötürmə ədədinin ifadəsinin çıxarılmasına və Matlab/Simulinq proqramı vasitəsi ilə hidromühərrikin optimal tənzimləmə məsələlərinə baxılmışdır.

Axırda işin əsas nəticələri verilmişdir.

NIGAR ZEYNALOVA SAMED

**PREVENTION OF POSSIBILITY OF A WATER HAMMER
IN PIPELINES BY IMPROVEMENT OF MANAGEMENT
PROCESS BY LATCHES**

ABSTRACT

In the introduction the relevance of the topic, the purpose works, scientific novelty and practical value of the research .

The first chapter provides a literature review of pipeline valves and multi- management, justified the use of pipe fittings, depending on the location and type of production. Also considers were the types of actuators used to control these valves .

The second chapter is devoted to issues relating directly to aspects of water hammer. It considers methods of dealing with the phenomenon of water hammer.

The third chapter provides we have elaborated a new scheme of hydraulic control valves using a hydraulic motor, which differs from the others in that the system works by the energy of the fluid . Unlike existing, in the proposed schemes, including the control system automatically. It also offers automatic control circuit hydraulic drive using the power cylinder single and double action and drive system. Also in present chapter are the proposed construction and operation of the overflow valve spool valve and the regulator.

The fourth chapter is devoted to the issues proposed calculation of hydraulic control valves in the event of unusual situations, taking into account the need to prevent the possibility of water hammer. Also provides hydraulic power calculation (using the motor) and the pump (using power cylinders single and double action).

The fifth chapter is devoted to the modeling and analysis of the dynamics hidromotors drive for automatic control valves, construction of the experimental setup and obtaining transfer functions for individual units of hydraulic drive. The optimal control system based on hydraulic drive PID using the package Matlab/Simulink.

Principal removals provides in the works end.

NIGAR SƏMƏD QIZI ZEYNALOVA

**SİYİRTMƏLƏRİN İDARƏ EDİLMƏSİNİ
TƏKMİLLƏŞDİRMƏKLƏ BORU KƏMƏRİNDƏ
HİDRAVLİK ZƏRBƏNİN QARŞISININ
ALINMASI**

İxtisas: 3354.01 – «Neft-qaz kəmərlərinin, bazalarının
və anbarlarının tikilməsi və istismarı»

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru alimlik dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

BAKI – 2014

**Подписано к печати 08.05.2014 г.
Тираж 100 экз. Формат 60x84 1/16
Бумага высшего сорта**

***Типография АЗТУ, пр.Г.Джавида, 25
Тел: (+12) 539-14-52
E.mail: aztumetbee@yahoo.com***