

УДК 621.382

Кожухова А.В., доцент каф. «Гидравлика, ГПА и ТП», ФГБОУ ВО ДГТУ;

Худокормов В.В., ст. гр. УИ41, ФГБОУ ВО ДГТУ.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ГИДРОПРИВОДА УСТАНОВКИ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ УРБ-2,5С

Аннотация. В данной работе модернизации подвергнется передвижная установка разведывательного бурения УРБ-2,5С, производства ЗАО «Завод Стройнефтемаш» г. Ростов-на-Дону, а именно для УРБ-2,5С будет разработан гидравлический привод согласования привода подачи и вращения инструмента. Данный привод будет включать в себя насосный агрегат, состоящий из двух насосов с электрогидравлическим управлением, набор датчиков давления и систему управления (согласования) двух приводов посредством программируемого логического контроллера.

Abstract. In this work, the modernization will undergo Mobile exploration drilling URB-2.5C, manufactured by JSC "Plant Stroyneftemash" Rostov-on-Don, namely BDS-2.5C will be developed hydraulic drive system of coordination and rotation tools. This drive will include a pumping unit, consisting of two pumps with electrohydraulic control, a set of pressure sensors and a control system (approval) of the two drive through a programmable logic controller.

Ключевые слова: насосный агрегат, электрогидравлическое управление, датчик давления, система управления, программируемый логический контроллер.

Key words: pump unit, electro-hydraulic control, pressure sensor, control system, programmable logic controller.

Строительство нефтяных и газовых скважин в связи с большим разнообразием геологических и географических условий требует использования разнообразных технических средств: буровых установок, включающих в свой комплект различные машины и механизмы; технических средств для морского бурения; специальных видов оборудования устья скважин и забойных двигателей; специфического цементировочного оборудования и оснастки.

Буровые установки (БУ) представляют собой совокупность наземных сооружений, бурового оборудования и механизмов, силового привода, кон-

трольно-измерительных приборов, вспомогательных грузоподъемных механизмов, средств автоматизации и механизации трудоемких и тяжелых процессов. БУ должны соответствовать целям бурения, конструкциям скважин, климатическим, геологическим и географическим условиям.

В связи с этими требованиями БУ можно разделить на три основные группы: для геологоразведочного бурения; для эксплуатационного и глубокого разведочного бурения; для сверхглубокого разведочного и эксплуатационного бурения.

Основной объем буровых работ в нефтяной и газовой промышленности выполняется БУ двух последних групп. С помощью буровых установок для геологоразведочного бурения бурят вращательным способом, используя вращатель роторного или шпиндельного типа, с очисткой забоя от выбуренной породы промывкой водой или глинистым раствором буровыми насосами, продувкой забоя компрессорами, а также при помощи шнеков.

Современные буровые установки представляют собой сложные инженерные комплексы, обычно включающие в свой состав: буровые сооружения (вышка, основания, укрытия, мостки и стеллажи для бурильных и обсадных труб); спускоподъемное оборудование (лебедка, кронблок, талевый блок, крюк и крюкоблок); оборудование для выноса выбуренной породы из скважины и удаления последней из системы циркуляции (буровые насосы или компрессоры, циркуляционные системы, сита, песко- и илоотделители, устройства для приготовления буровых растворов и ввода различных реагентов); оборудование для вращения бурильной колонны (ротор, вертлюг); силовой привод; средства автоматизации и механизации спускоподъемных операций и подачи долота; противовыбросовое оборудование; контрольно-измерительные приборы.

Совершенствование современных гидрофицированных буровых установок в основном определяется достижениями развитых стран в области основных комплектующих элементов благодаря расширяющейся интеграции

их применения передовыми фирмами вне зависимости от страны производства.

Основной задачей поставленной в данной выпускной квалификационной работе является увеличение производительности установки УРБ-2,5С за счет применения системы согласования основных гидравлических контуров, участвующих в проведении буровых работ, уменьшение износа инструмента, применяемого при бурении скважин, а также уменьшение расхода топлива при работе установки.

Самоходная буровая установка УРБ-2,5С предназначена для бурения геофизических и структурных скважин глубиной до 200 м вращающимися бурильными трубами диаметром 60,3 мм и до 300 м бурильными трубами диаметром 50 мм с промывкой сплошным забоем в грунтах I-VII категорий и бурения групповых скважин шнеками в грунтах I-III категорий.

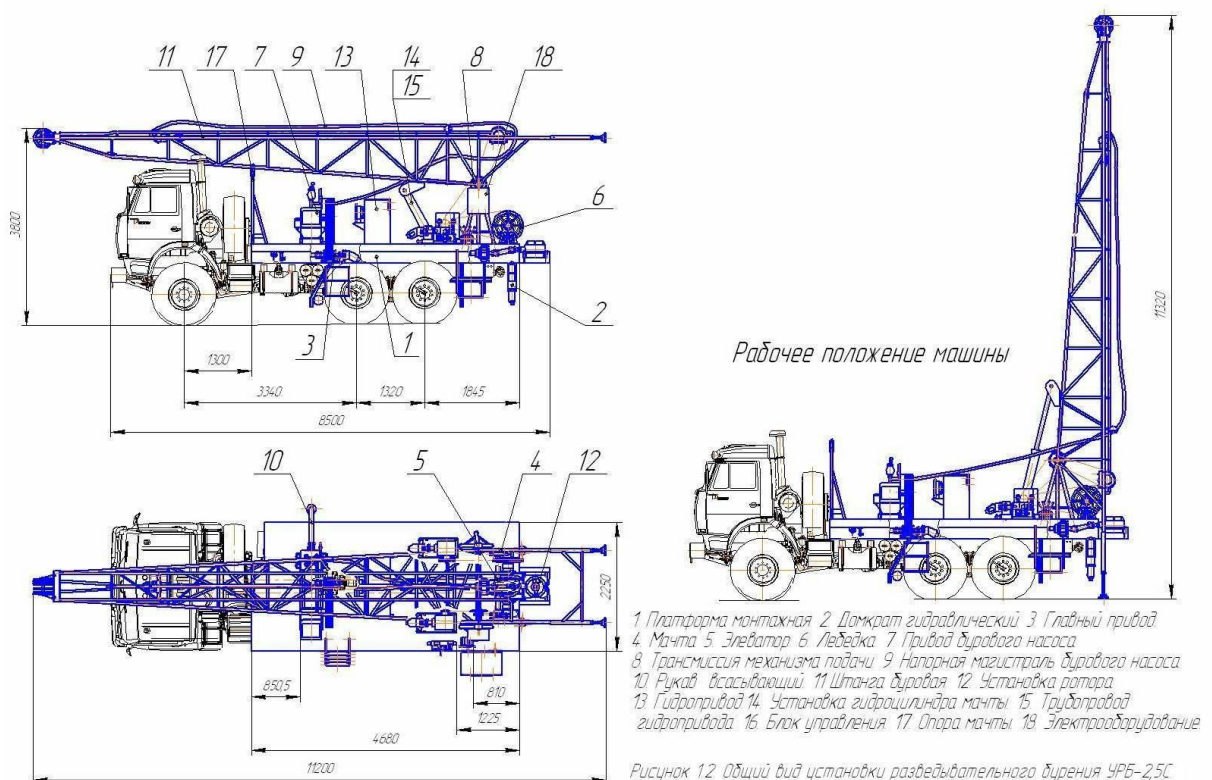


Рис.1. Установка разведочного бурения УРБ-2,5С

Установка монтируется на шасси автомобиля КамАЗ-43114. Привод осуществляется от двигателя автомобиля через коробки отбора мощности (КОМ). Основная устанавливается на верхний люк раздаточной коробки (РК), дополнительная на левый люк коробки переключения передач (КПП). Управление КОМ электропневматическое, осуществляется переключателями, установленными на щитке в кабине автомобилях [1, стр.6-7].

За время прохождения практики на предприятии ЗАО «Завод Стройнефтемаш» были подобраны два аналога установки разведочного бурения УРБ-2,5С, в приводах исполнительных механизмов которых применяется различные технические решения, как в применении механического, так и в применении гидравлического привода.

Анализируя проведенный схемотехнический поиск рационального решения и обзор известных аналогов установок разведывательного бурения данного класса, можно сделать вывод о том, что рациональней всего для согласования работы привода подачи и ротора установки разведывательного бурения УРБ-2,5С нужно будет применить электрическое пропорциональное управление насосов, отвечающих за данные привода. В данном приводе будут применяться насосы нового поколения с регулятором с электрическим управлением типа 313 (см. рис. 2) производства ОАО «Пневмостроймашина» г. Екатеринбург.

Регулятор насоса состоит из ступенчатого поршня, датчика обратной связи положения поршня, гидрораспределителя с пропорциональным электромагнитом, электронного блока, и других деталей, имеющих различное функциональное назначение [2, стр. 27].

При подаче напряжения питания и входного электрического сигнала управления к электронному блоку насоса, при частоте вращения не ниже минимальной, рабочий объем соответствует входному электрическому сигналу управления.

Электронный блок формирует и подает на пропорциональный электромагнит сигнал, соответствующий разности значений сигнала датчика обратной связи и входного электрического сигнала управления.

Пропорциональный электромагнит перемещает золотник гидрораспределителя. Гидрораспределитель соединяет полость цилиндра большего диаметра регулятора либо с каналом высокого давления, либо со сливом.

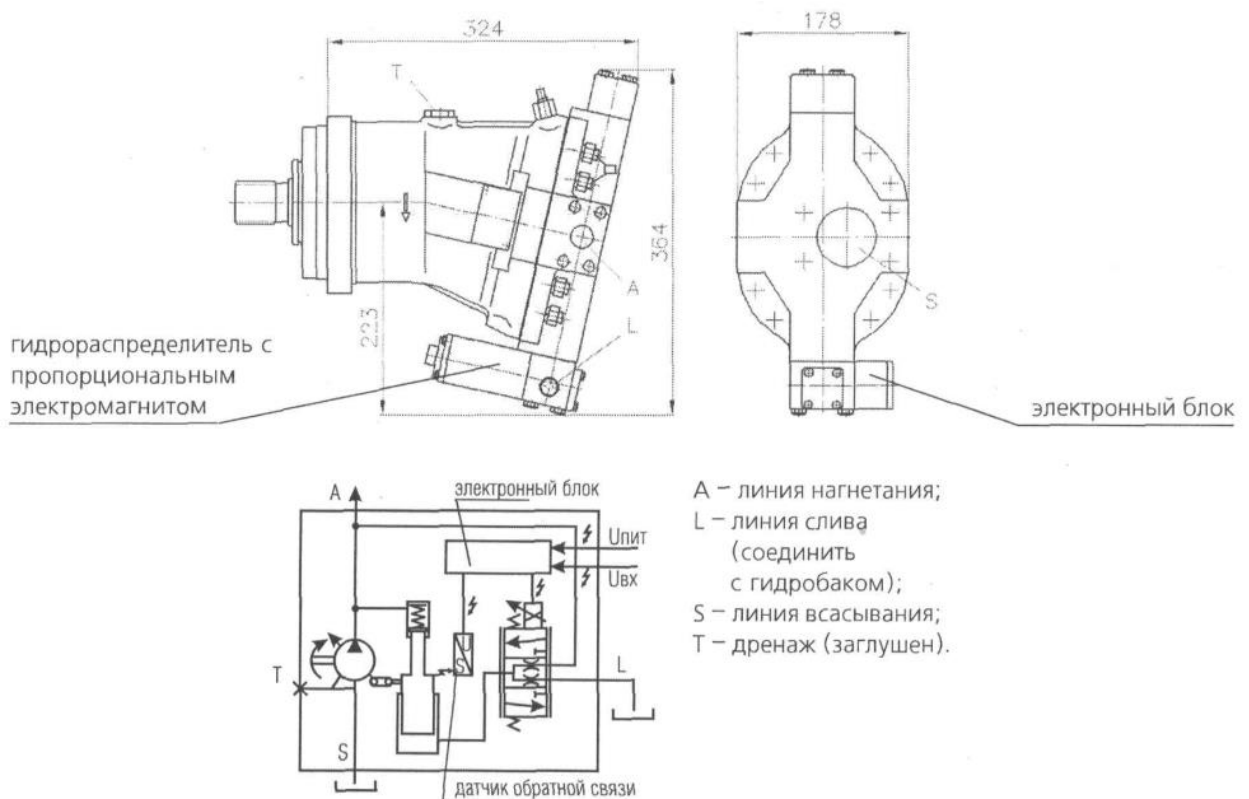


Рис.2. Насос нового поколения с регулятором с электрическим управлением типа 313

Гидравлическая система двух контуров будет обеспечена датчиками давления, а согласование работы привода подачи инструмента на забой и привода вращения инструмента будет осуществляться при помощи контроллера. Подобная система была разработана и внедрена ЗАО «Тверской

экскаватор» совместно с ООО «Оборудование горнодобывающей отрасли» - Топливосберегающая система управления одноковшового экскаватора.

Данная система имеет ряд преимуществ, которые были выявлены при испытаниях на ЗАО «Тверской экскаватор»:

Топливосберегающая система управления (ТССУ) обеспечивает повышение экономичности, надежности, эксплуатационной производительности одноковшового гидравлического экскаватора.

Испытания ТССУ на Тверском экскаваторном заводе подтвердили снижение расхода топлива на 16%. Это достигается за счет передачи от двигателя к рабочему органу ровно столько энергии, сколько ему необходимо для выполнения заданной работы.

ТССУ 100 раз в секунду опрашивает датчики оборотов, температуры, давления, расхода, анализирует эти данные и вырабатывает оптимальное воздействие на дизель и регулируемые насосы, основываясь на их математических моделях. В результате уменьшается расход топлива, предотвращается перегрузка дизеля и перегрев рабочей жидкости гидросистемы, снижаются динамические нагрузки, повышается надежность, долговечность и комфортность управления машиной. Снижая вероятность выхода из строя экскаватора вследствие некорректных действий оператора.

ТССУ позволяет оператору выбрать один из четырех режимов работы дизеля: холостой ход 50%, 70% и 100% загрузки дизеля.

100% загрузка дизеля используется в большинстве случаев, когда необходима эксплуатация на большой скорости, например, погрузка самосвалов.

70% загрузка обеспечивается выполнение «грубых» работ с меньшей скоростью, например экскавация в стесненных условиях.

50% загрузка обеспечивает выполнение «точных» работ с минимальной скоростью, например откапывание трубопроводов.

ТССУ обеспечивает пропорциональное регулирование расходов насосов. Если рабочие не совершаются, расход насосов снижается до минимума, а двигатель выходит на «холостой» режим работы. Как только возникает необходимость в выполнении рабочей операции, двигатель выходит на ранее заданный режим, а насосы начинают увеличивать расход (если оно допустимо) пропорционально отклонению рычага управления.

ТССУ контролирует температуру охлаждающей жидкости и температуру рабочей жидкости. Если температура жидкости повышается больше нормы, выходная мощность двигателя ограничивается до тех пор, пока температура не снизится и риск перегрузки не ликвидируется.

Кроме того, анализируя информацию, собранную ТССУ можно оценить текущее состояние дизельного двигателя и объемный КПД насосов, правильность настройки клапанов, правильность установки ограничителей хода золотников распределителей и хода качающего блока насосов, а также контролировать уровень топлива в баке и несанкционированный его слив.

Рассмотренная гидростатическая трансмиссия позволила оценить тонкости, которые возникают при работе объемного способа регулирования. Применение данной системы целиком в установке УРБ-2,5С считаю не целесообразным, так как система разработана ОАО «Пневмостроймашина» для конкретной специальной мобильной технике и применяется в механизмах хода.

Анализ конструкции аналога установки (УРБ-2М) показал, что разрабатываемая система в данном проекте является новой технологией, которая будет применяться на установках данного класса.

Схема комбинированная объединенная модернизированного гидропривода установки разведывательного бурения УРБ-2,5 (см. рис.3) состоит из пяти гидравлических контуров:

- Гидравлические опоры (аутригеры) ГЦ2, ГЦ3;
- Привод подъема мачты ГЦ1;

- Привод лебедки ГМ3;
- Привод подачи инструмента ГМ2;
- Привод вращения инструмента ГМ3.

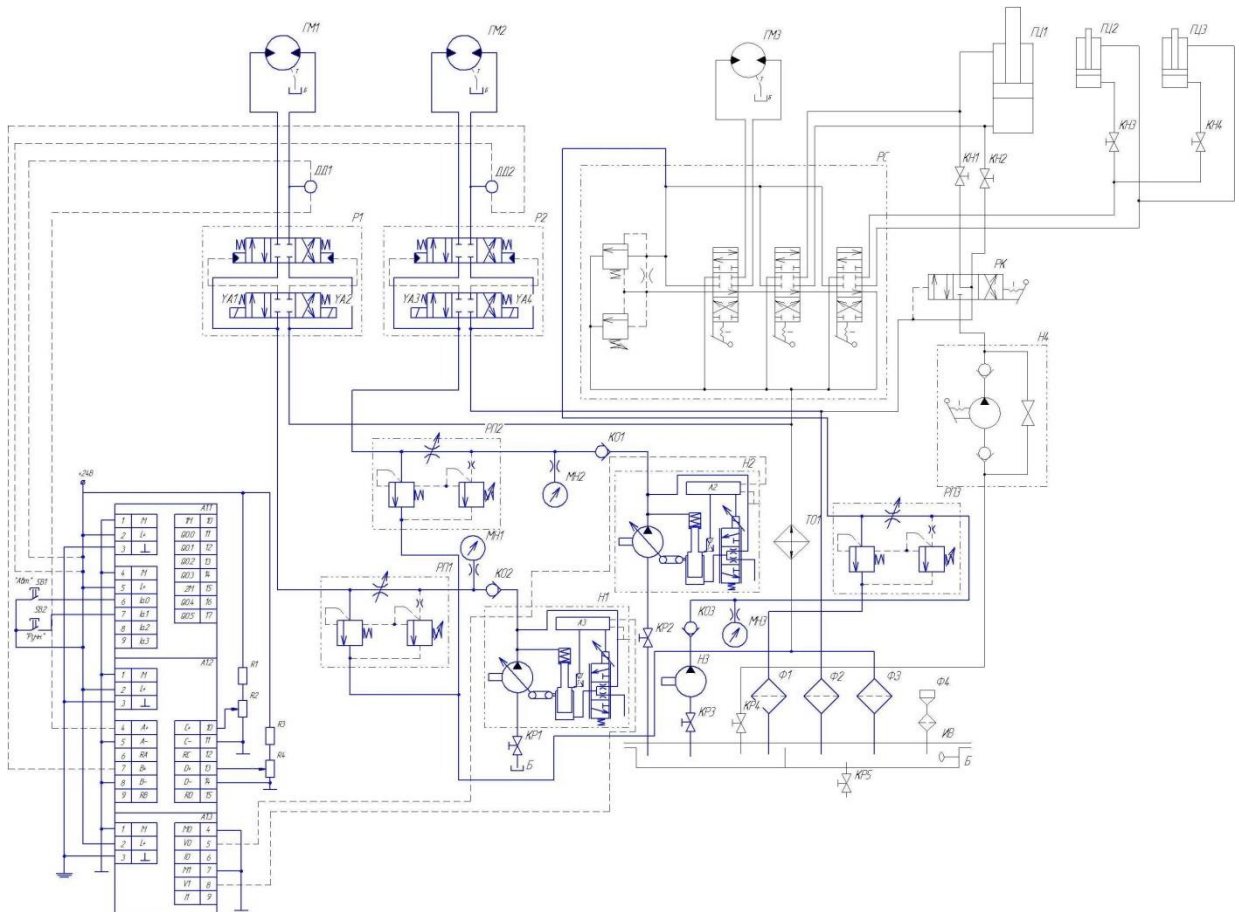


Рис.3. Схема комбинированная объединенная модернизированная установки разведывательного бурения УРБ-2,5С

Принцип работы гидравлических опор, привода подъема мачты, а также привода лебедки остался без изменений, и соответствует принципу работы, описанному в пункте 1.5. В модернизированной схеме данные контуры питаются от отдельного гидравлического насоса НЗ, контроль давления осуществляется по манометру МНЗ, скорость в приводах регулируется посредством регулятора потока со встроенным предохранительным клапаном РПЗ. Насос НЗ установлен на автомобильное

шасси КАМАЗ на правый боковой люк коробки переменных передач при помощи коробки отбора мощности (КОМ). Так как гидравлический контур привода вращения в данной системе работает от отдельного насоса Н1, то секционный распределитель РС был модернизирован (одна секция с фиксируемым положением золотника была убрана, распределитель стал трехсекционным).

Привод вращения инструмента работает следующим образом, гидравлическая жидкость из бака Б через шаровый кран КР1 поступат в гидравлический насос Н1 далее через обратный клапан КО2 и регулятор потока РП1 поступает в распределитель Р1 (УА1 – вращение инструмента при бурении, УА2 – реверсивное вращение инструмента при извлечении инструмента). После распределителя Р1 жидкость движется к гидравлическому мотору ГМ1 далее сливается через теплообменный аппарат ТО1 сливается и фильтр Ф3 в бак Б. Давление контролируется за счет манометра МН1. ТО1 предназначен для охлаждения рабочей жидкости при долговременной работы установки.

Привод подачи инструмента работает следующим образом, гидравлическая жидкость из бака Б через шаровый кран КР2 поступат в гидравлический насос Н2 далее через обратный клапан КО1 и регулятор потока РП2 поступает в распределитель Р2 (УА1 – подача инструмента на забой, УА2 – извлечение инструмента из скважины). После распределителя Р2 жидкость движется к гидравлическому мотору ГМ2 далее сливается через фильтр Ф2 в бак Б. Давление контролируется за счет манометра МН2.

Согласование работы привода подачи и привода вращения инструмента происходит следующим образом, в контуре ГМ1 и ГМ2 установлены соответственно датчики давления ДД1 и ДД2, которые контролируя величину давления в данных контурах, посылают сигнал программируемому логическому контроллеру А1. Гидравлические насосы Н1 и Н2 имеют

электронные блоки управления А2, А3 (описание работы см. пункт 2.4) регуляторами и в зависимости от приходящего сигнала на них насосы за счет регулятора изменяют свой рабочий объем (производительность) – объемный способ регулирования. Блока А2 и А3 подключены также к контроллеру А1.

Принцип работы заключается в следующем при возникновении сопротивления при вращении бурового инструмента ДД1 и ДД2 посылают сигналы контроллеру А1, который в свою очередь обрабатывает данные и посылает сигнал блоку насоса А3 на изменения рабочего объема (уменьшение производительности) – привод подачи снижает скорость подачи инструмента на забой. При уменьшении нагрузки на приводе вращения инструмента, на приводе подачи инструмента скорость увеличивается.

Электрическая часть схемы позволяет работать в автоматическом режиме кнопка SB1, кнопка SB2 предполагает работу привода согласования в ручном режиме за счет регулируемых резисторов R2, R4.

Горловина заливная Ф4 предназначена для заполнения маслом гидравлического бака Б, контроль уровня масла в баке Б осуществляется при помощи маслоуказателя ИВ. Слив масла из бака Б осуществляется при помощи шарового крана КР5.

В работе выполнены статические расчеты: энергетический, гидравлический и тепловой, по результатам которых выбрана гидроаппаратура и аппаратура автоматизированного управления гидроприводом. На основе этого выбора проведен динамический анализ работы гидропривода установки.

Динамический расчёт производится с целью определения величины скачка давления (максимальной динамической погрешности) и времени переходного процесса и других параметров качества регулирования перехода на самый нагруженный элемент цикла [3, стр.5].

Динамический расчет гидропривода можно производить с использованием пакетов Matlab [4, стр.60].

1) Изменения в зависимости от момента сопротивления на валу при параметрах:

а) $q=56e-6$; $M=168$; $Mtr=1$; $pk=3e7$; $W1=0.006$; $W2=0.006$; $dpm=0.2$
 $E=1.75e9$; $I=0.05$; $ddr=0.004$; $ro=900$; $mu=0.9$; $Qn=22/60000$; $dpk=5e5$;
 $F1 = [y(2)$;

б) $q=56e-6$; $M=110$; $Mtr=1$; $pk=3e7$; $W1=0.006$; $W2=0.006$; $dpm=0.2$
 $E=1.75e9$; $I=0.05$; $ddr=0.004$; $ro=900$; $mu=0.9$; $Qn=22/60000$; $dpk=5e5$;
 $F1 = [y(2)$;

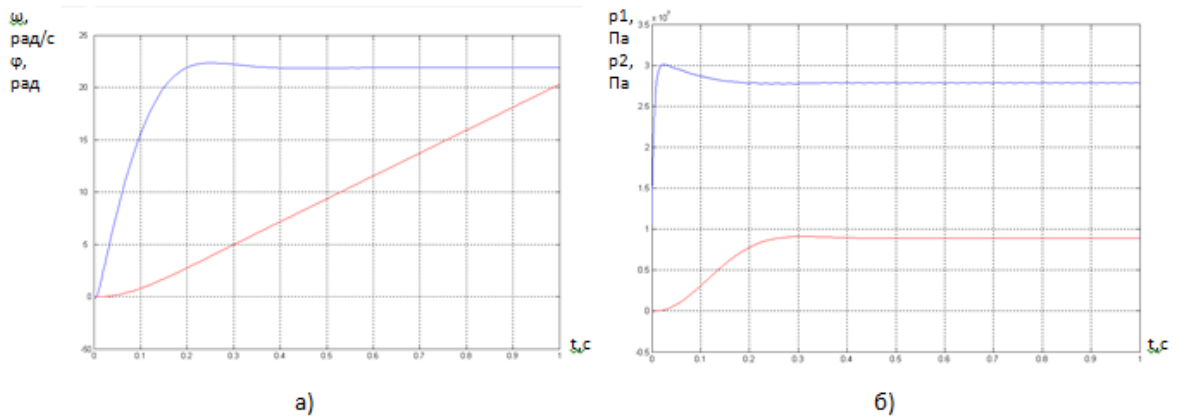


Рис.4. Зависимость скорости, угла поворота гидромотора (а) и давления в нагнетательной и сливной гидролиниях (б) от времени

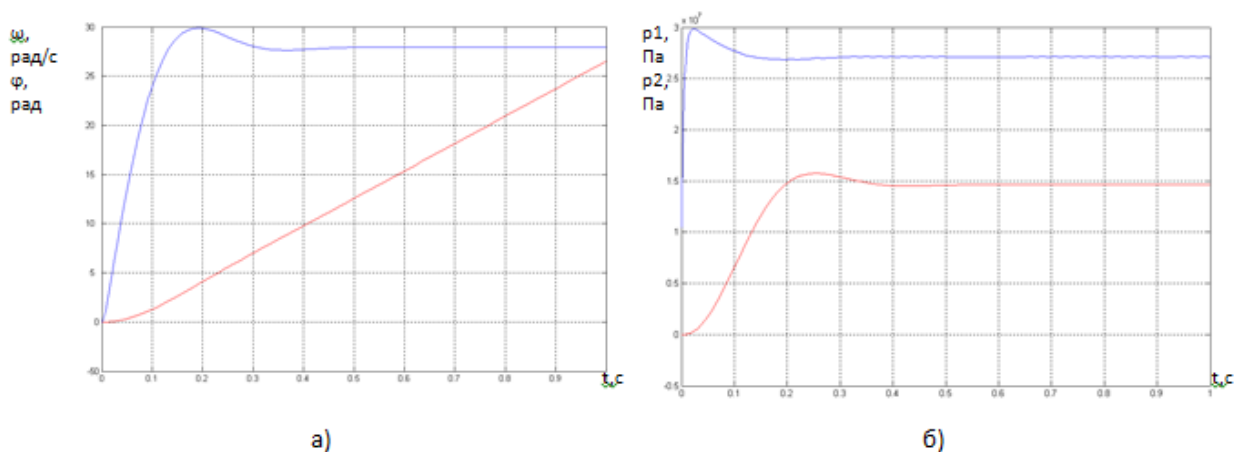


Рис.5. Зависимость скорости, угла поворота гидромотора (а) и давления в нагнетательной и сливной гидролиниях (б) от времени

в) $q=56e-6$; $M=200$; $Mtr=1$; $pk=3e7$; $W1=0.006$; $W2=0.006$; $dpm=0.2$
 $E=1.75e9$; $I=0.05$; $ddr=0.004$; $ro=900$; $mu=0.9$; $Qn=22/60000$; $dpk=5e5$;
 $F1 = [y(2);$

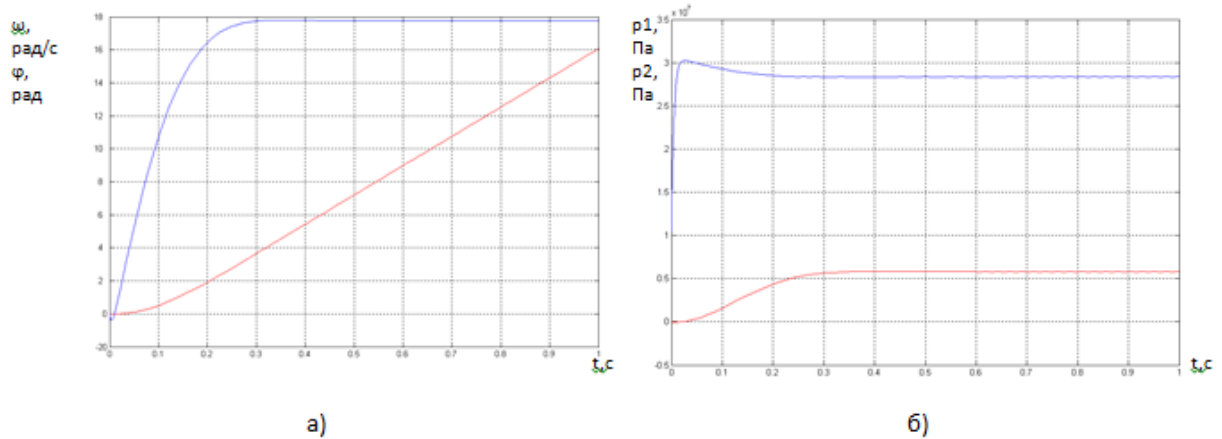


Рис.6 Зависимость скорости, угла поворота гидромотора (а) и давления в нагнетательной и сливной гидролиниях (б) от времени

г) $q=56e-6$; $M=50$; $Mtr=1$; $pk=3e7$; $W1=0.006$; $W2=0.006$; $dpm=0.2$
 $E=1.75e9$; $I=0.05$; $ddr=0.004$; $ro=900$; $mu=0.9$; $Qn=22/60000$; $dpk=5e5$;
 $F1 = [y(2);$

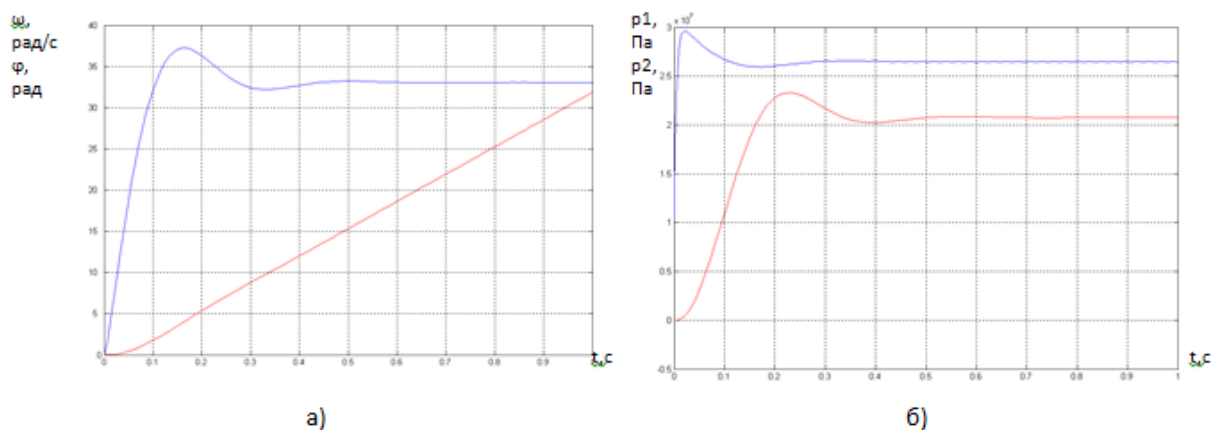


Рис.7. Зависимость скорости, угла поворота гидромотора (а) и давления в нагнетательной и сливной гидролиниях (б) от времени

2) Изменения в зависимости от объема жидкости в нагнетательной и сливной линиях

a) $q=56e-6$; $M=168$; $Mtr=1$; $pk=3e7$; $W1=0.01$; $W2=0.01$; $dpm=0.2$

$E=1.75e9$; $I=0.05$; $ddr=0.004$; $ro=900$; $mu=0.9$; $Qn=22/60000$; $dpk=5e5$;

$F1 = [y(2);$

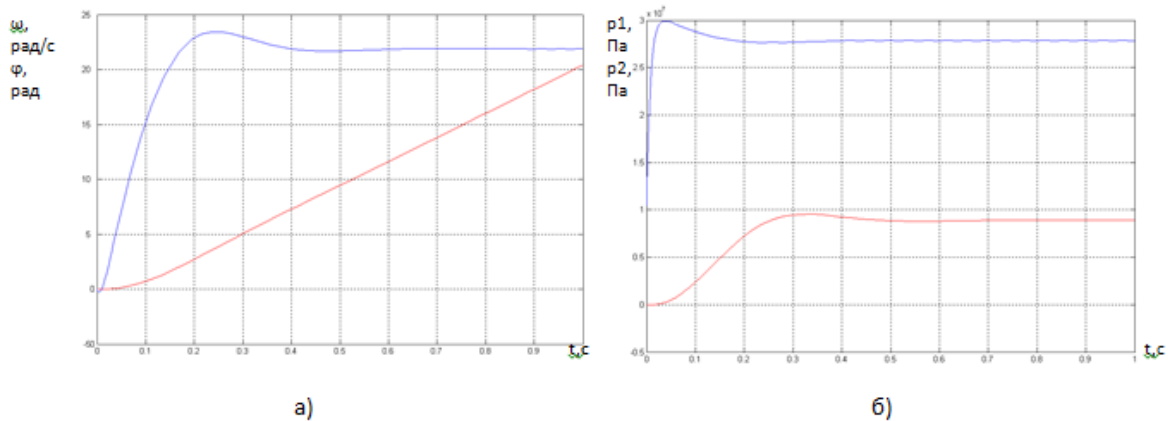


Рис.8. Зависимость скорости, угла поворота гидромотора (а) и давления в нагнетательной и сливной гидролиниях (б) от времени

б) $q=56e-6$; $M=168$; $Mtr=1$; $pk=3e7$; $W1=0.001$; $W2=0.001$; $dpm=0.2$

$E=1.75e9$; $I=0.05$; $ddr=0.004$; $ro=900$; $mu=0.9$; $Qn=22/60000$; $dpk=5e5$;

$F1 = [y(2);$

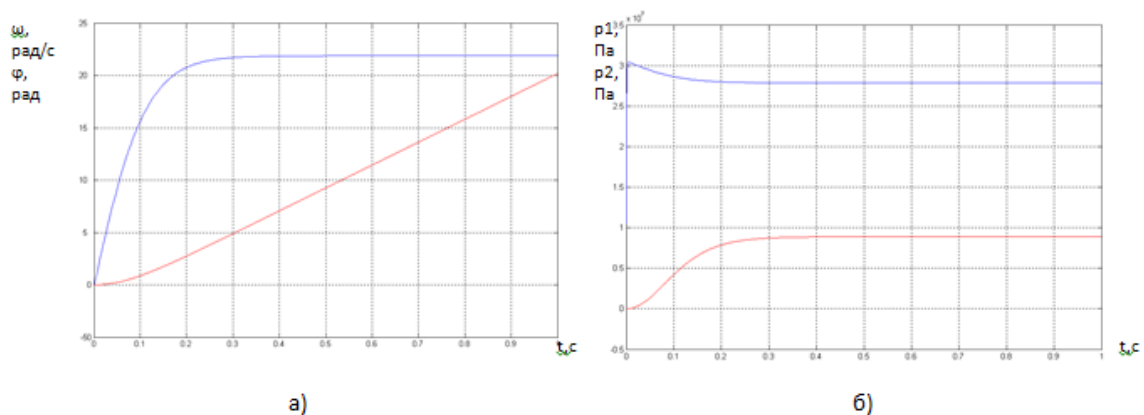


Рис.9. Зависимость скорости, угла поворота гидромотора (а) и давления в нагнетательной и сливной гидролиниях (б) от времени

в) $q=56e-6$; $M=168$; $Mtr=1$; $pk=3e7$; $W1=0.003$; $W2=0.003$; $dpm=0.2$

$E=1.75e9$; $I=0.05$; $ddr=0.004$; $ro=900$; $mu=0.9$; $Qn=22/60000$; $dpk=5e5$;

$F1 = [y(2);$

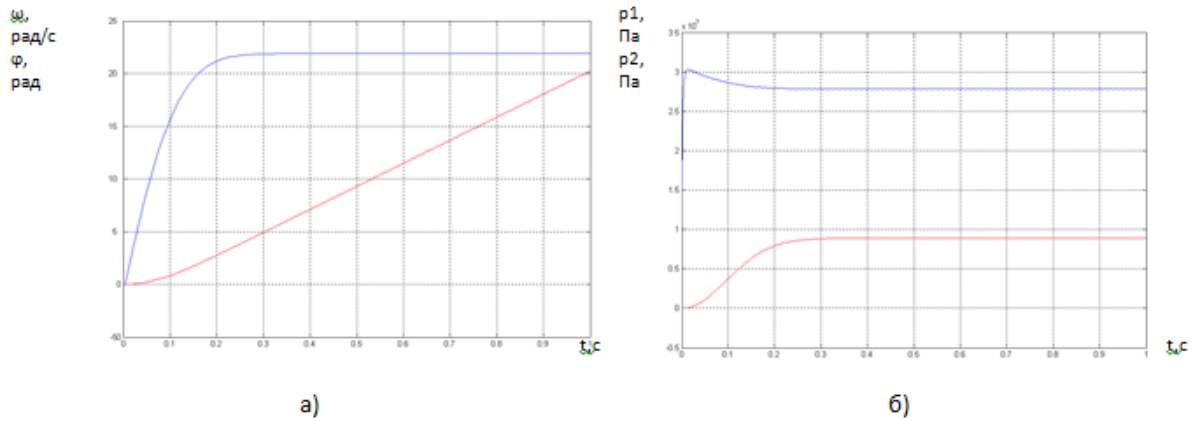


Рис.10. Зависимость скорости, угла поворота гидромотора (а) и давления в нагнетательной и сливной гидролиниях (б) от времени

3) Изменения в зависимости от используемого насоса.

а) При использовании насоса рабочим объемом 45см^3 и частотой вращения 1500об/мин .

$q=45e-6$; $M=168$; $Mtr=1$; $pk=3e7$; $W1=0.006$; $W2=0.006$; $dpm=0.2$

$E=1.75e9$; $I=0.05$; $ddr=0.004$; $ro=900$; $mu=0.9$; $Qn=67/60000$; $dpk=5e5$;

$F1 = [y(2);$

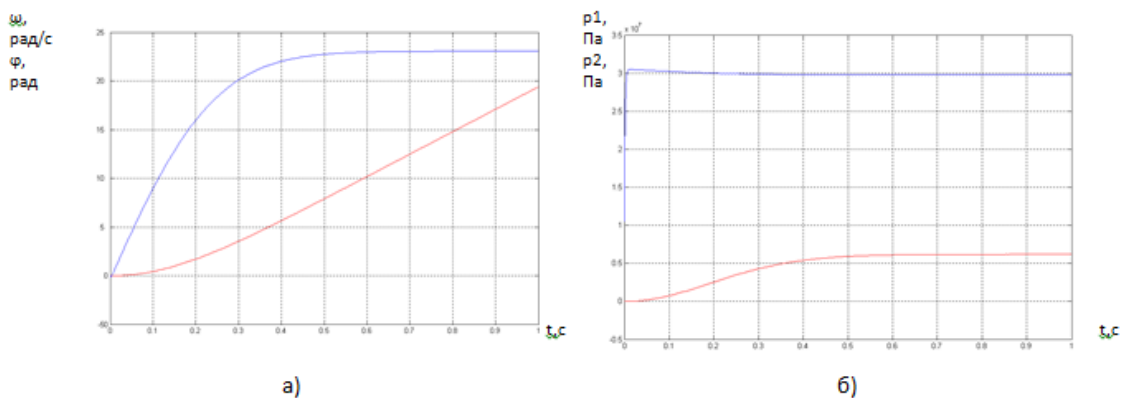


Рис.11 Зависимость скорости, угла поворота гидромотора (а) и давления в нагнетательной и сливной гидролиниях (б) от времени

б) При использовании насоса рабочим объемом 80см³ и частотой вращения 1500об/мин.

$$q=80e-6; M=168; Mtr=1; pk=3e7; W1=0.006; W2=0.006; dpm=0.2$$

$$E=1.75e9; I=0.05; ddr=0.004; ro=900; mu=0.9; Qn=120/60000; dpk=5e5;$$

$$F1 = [y(2);$$

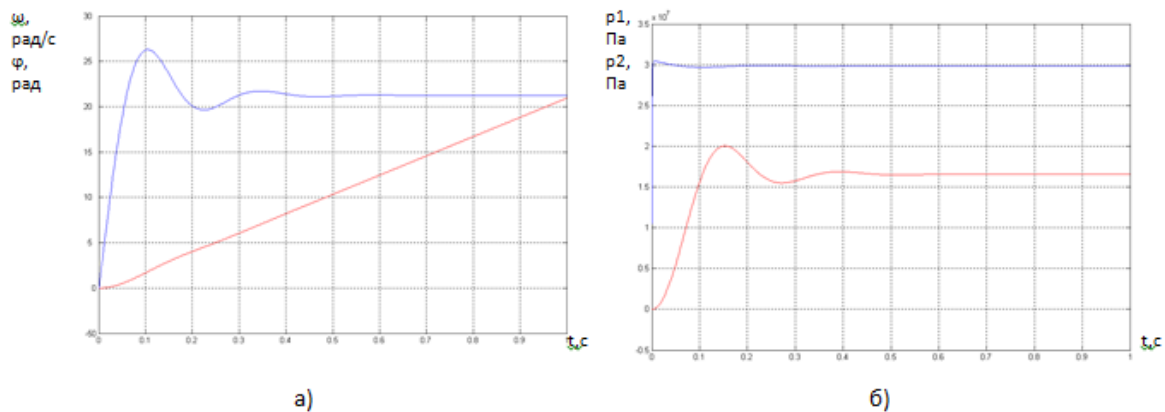


Рис.12. Зависимость скорости, угла поворота гидромотора (а) и давления в нагнетательной и сливной гидролиниях (б) от времени

Анализ графиков переходных процессов, показал следующее: при изменении момента сопротивления на валу относительно действительного значения 168 Нм, график зависимости скорости от времени может быть как аperiодическим (рис б), при моменте сопротивления 200 Нм, так и колебательным, при более низких значениях, в том числе и действительных. Так при уменьшении момента сопротивления на валу до 110 Нм, график имеет более высокую амплитуду колебаний, так же частота колебаний увеличивается с 3,3 до 5, максимальная динамическая ошибка с 0,05% до 0,15%. При уменьшении момента сопротивления на валу до 50 Нм, время переходного процесса увеличивается до 0,5 с, частота колебаний увеличивается до 10, декремент уменьшается. Но необходимо выделить, что

максимальное значение сопротивления на валу не является оптимальным решением, так как скорость значительно уменьшается, относительно максимальной величины.

При увеличении количества жидкости в нагнетательной и сливной линиях, процесс из апериодического переходит в колебательный.

Время переходного процесса увеличивается с 0,1 с до 0,18 с. А при уменьшении количества жидкости, процесс становится апериодическим, но при этом минимальное количество жидкости, в нагнетательной и сливной, линиях не является оптимальным решением задачи, так как при уменьшении количества жидкости, количество оборотов увеличивается и превышает максимально допустимое значение (30 Нм). Время переходного процесса уменьшается с 0,4 с (при действительном значении количества жидкости 6 литров) до 0,3 с, при 0,1 литре.

При замене насоса, рабочим объемом 45 см³ и частотой вращения 1500 об/мин, процесс из колебательного переходит в апериодический, но время переходного процесса увеличивается с 0,35 с до 0,6, и скорость значительно уменьшается относительно максимального значения в 30 рад/с до 23 рад/с. Если же, использовать насос с большим рабочим объемом, относительно используемого (56 см³), то процесс остается колебательным, но имеет более высокую частоту колебаний (увеличивается с 5 до 10). Максимальная динамическая ошибка так же увеличивается с 0,15 % до 0,24%. Декремент затухания переходного процесса уменьшается с 2,79 до 1,2. Из чего можно сделать вывод, что используемый насос максимально подходит при данных нагрузках.

Список литературы

1. Установка разведывательного бурения УРБ-2,5С-КАМАЗ. Руководство по эксплуатации УРБ-2,5С.00.00.000РЭ, составители: ведущий инженер-конструктор С.В. Ракуленко, главный конструктор А.С. Яковлев, Ростов-н/Д, ЗАО «Завод Стройнефтемаш», 2009 г.;
2. Установка разведочного бурения УРБ-2М. Руководство по эксплуатации (УРБ-2М) 48105-0000010 РЭ. УДК. Группа Г45. ОАО «Завод Стройдормаш». г. Алапаевск, 2007 г., стр. 47.
3. Динамический расчет гидро- и пневмосистем. Чернавский В.А. учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 150802 "Гидромашины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика" и другим инженерным специальностям в области машиностроительного гидропривода / В. А. Чернавский, А. В. Кожухова; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Донской гос. технический ун-т. Ростов-на-Дону, 2009., стр.66.
4. Инновационные технологии автоматизированного проектирования. Кожухова А.В., Плеханов С.А. Учебное пособие/ Издательство Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, 2012 г., стр. 138.