1544686

Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени государственный
технический университет им. Н. Э. Баумана

На правах рукописи

Дмитриев Вадим Геннадьевич

УДК 622.232-82

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДА ГЛУБОКОВОДНОГО АГРЕГАТА СБОРА ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

05.02.03 - Системы приводов

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 1993

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени Государственном техническом университете им. Н. Э. Баумана

Научный руководитель - д. т. н., профессор Попов Д. Н.

Официальные оппоненты - д.т.н., профессор Наумов В.Н.,
к.т.н. Отрошко П.В.

Ведущее предприятие - научно-производственная фирма "Россинвест".

Защита диссертации состоится "10" января 1994 г. на заседании специализированного Совета К. 053. 15. 06 в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени Государственном техническом университете им. Н. Э. Баумана по адресу: 107005, 2-я Бауманская ул., 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Ваши отзывы в 2-
высылать по указанно

Желающие присут
известить Совет. писы
председателя Совета.

Телефон для спр

Автореферат раз

Ученый секретар
специализирова
к. т. н., доцент

Подписано к пе
Заказ 633

1544686

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Неуклонно растущие потребности промышленности России в минеральном сырье при одновременном истощении известных месторождений полезных ископаемых, усложнении их добычи и возрастании себестоимости требуют интенсивного освоения минерально-сырьевых ресурсов Мирового океана, особенно глубоководных (до 6000 м). В связи с этим требуется создание новой техники - добычных комплексов, способных работать в экстремальных условиях океанских глубин: высоком гидростатическом давлении, которое может иметь значения порядка 60 МПа; слабых несущих способностях грунта (до 7 кПа), низкой температуры окружающей среды. Перспективным представляется использование электрогидравлических приводов в системах управления как самим агрегатом сбора (АС) твердых полезных ископаемых (ТПИ), так и его рабочими органами.

Технические показатели АС ТПИ во многом зависят от выбора гидравлической схемы и конструкции приводов. Однако, в настоящее время, несмотря на развивающееся применение глубоководных агрегатов с электрогидравлическими приводами, вопросы оптимального проектирования последних применительно к АС ТПИ изучены недостаточно. Вследствие этого отсутствует база для обоснованного выбора проектного решения АС ТПИ добычного комплекса в целом. Таким образом, весьма актуальной представляется задача разработки эффективных систем гидроприводов глубоководного АС ТПИ.

Целью работы является создание методики выбора структуры и параметров технически эффективной системы гидроприводов глубоководного АС ТПИ .

Методы исследования. При проведении теоретических исследований использованы основные положения гидромеханики, теории автоматического управления, террамеханики, теории транспортных машин.

Для исследования рабочих процессов в гидроприводе АС ТПИ применялись методы математического моделирования с использованием ЭВМ в диалоговом режиме.

Экспериментальная часть работы выполнена на специально созданном физическом макете гидропривода движителей АС ТПИ,

15Ч4686

НТБ МГТУ им.Н.Э.Баумана
1544686
Дмитриев В.Г. Разработка и

МГТУ им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

снабженном современными средствами измерения и обработки результатов испытаний.

Практическая оптимизация проектного варианта структуры системы гидроприводов глубоководного АС ТПИ проводилась по методу $ЛП_\tau$-поиска.

Научная новизна. Разработана математическая модель системы гидроприводов глубоководного АС ТПИ с учетом динамики его движения на различных донных грунтах, предложены шесть вариантов структур системы гидроприводов АС ТПИ, методики расчета их параметров в стационарных и нестационарных режимах работы, а также алгоритм для параметрической оптимизации таких систем. В математические модели включены значения коэффициентов, полученных в результате экспериментальных исследований характеристик гидроаппаратов, используемых в системе гидроприводов АС ТПИ . Исследовано влияние изменения значений модуля объемной упругости рабочей жидкости, коэффициентов утечек и перетечек при ламинарном и турбулентном режимах течения в гидромоторе движителя глубоководного АС ТПИ на динамические характеристики привода.

Практическая ценность работы. Создана методика выбора схемы и расчета параметров системы гидроприводов глубоководного АС ТПИ, позволяющая производить вариантный анализ структур гидропривода при различных режимах эксплуатации АС в диалоговом режиме проектирования с ЭВМ.

Создана экспериментальная установка для исследования характеристик гидропривода движителей АС ТПИ в различных режимах работы с использованием методов полунатурного моделирования.

Разработана методика и программа оптимального проектирования системы гидроприводов АС ТПИ, позволяющая проводить многопараметрическую и многокритериальную оптимизацию с целью повышения эффективности использования гидроприводов в составе глубоководного комплекса.

В результате проведенных исследований предложены рациональные структура и конструктивные параметры гидропривода глубоководного АС ТПИ.

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением обоснованных допущений, принятых при математическом моделировании гидромеханических процессов в системе гидроприводов и процессов движения АС ТПИ. Достоверность расчетов

подтверждена путем сравнения с результатами экспериментальных исследований, проведенных на созданном макете погружного гидропривода движителей АС ТПИ.

Реализация результатов работы. Результаты диссертационной работы использованы при проектировании и создании гидрофицированного опытного образца глубоководного АС ТПИ, разработанного в МГТУ им. Н.Э. Баумана по заказу НПО "Океангеотехника", г. Новороссийск.

Аппробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на ежегодных научно-технических семинарах кафедры "Гидромашины, гидропривод и гидропневмоавтоматика" МГТУ им. Н.Э. Баумана 1989-1992 гг., на II-й Всесоюзной научно-технической конференции "Проблемы развития и совершенствования подъемно-транспортной складской техники и технологии", г. Москва, октябрь 1990 г., на технических совещаниях в Министерстве геологии при обсуждении проблемы освоения Мирового океана.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано три работы.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы, приложений и содержит 150 страниц машинописного текста, 2 таблицы, 82 рисунка, 40 страниц приложений, список литературы из 83 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы работы, приведены основные требования, предъявляемые к глубоководным добычным комплексам, показаны особенности эксплуатации системы гидроприводов АС ТПИ, входящего в состав добычного комплекса, сформулированы цель и задачи исследования.

В первой главе дан анализ технического уровня существующих в настоящее время гидравлических систем подводных АС ТПИ, рассмотрены основные вопросы их проектирования. Сравнительным анализом существующих конструкций АС ТПИ показано, что при добыче глубоководных рудных ископаемых целесообразно использование самоходных агрегатов сбора на гусеничном ходу с дистанционно управляемыми дроссельными электрогидравлическими приводами, которые в сравнении с электромеханическими приводами име-

ют меньшие массо-габаритные показатели, позволяют избежать проблемы разработки дополнительных уплотнительных устройств для механических передач, требуют более простой системы компенсации гидростатического давления.

В результате анализа литературных источников, посвященных проектированию гидросистем подводных технических средств, установлено, что, несмотря на существующее многообразие подводных машин, использующих электрогидравлические приводы, до сих пор вопросы применения тех или иных систем привода в зависимости от различных условий их эксплуатации изучены еще недостаточно.

В связи с этим была разработана и осуществлена следующая программа исследований:

1. Предварительный выбор возможных проектных вариантов построения гидравлических систем глубоководного АС ТПИ на основании анализа известных схем и конструкций гидроприводов мобильных машин наземного и подводного исполнения.

2. Построение математических моделей рассматриваемых систем гидроприводов глубоководного АС ТПИ с учетом динамики его движения.

3. Создание методик расчета параметров гидропривода глубоководного АС ТПИ в различных режимах его работы.

4. Исследование на ЭВМ стационарных и переходных процессов в системах гидроприводов глубоководного АС ТПИ.

5. Полунатурное моделирование режимов работы АС ТПИ на физическом макете, проверка адекватности и корректирование математических моделей системы гидроприводов.

6. Параметрическая оптимизация проектного варианта системы гидроприводов глубоководного АС ТПИ.

Вторая глава посвящена исследованию различных структур гидроприводов глубоководного АС ТПИ на основе их математических моделей.

Показатели качества всего глубоководного АС ТПИ во многом определяются гидроприводом движителей. Сложность задачи выбора его структуры и параметров состоит в том, что в настоящее время отсутствует концепция построения гидрообъемных трансмиссий управления АС ТПИ, обеспечивающих достижение наилучшей технической эффективности. Поэтому предварительно было выбрано несколько проектных вариантов структур гидроприводов движите-

лей АС ТПИ, имеющих различные функциональные возможности и конструктивные исполнения.

Выбранные для исследования структуры систем гидроприводов движителей АС ТПИ условно разделены на три группы по характеру реакций на случайное возмущающее воздействие, приложенное на одну из гусениц со стороны грунта во время движения. К первой группе отнесена система гидроприводов, не позволяющая выравнивать скорости гусеничных движителей и крутящие моменты на ведущих звездочках гусениц. Ко второй группе - системы, обеспечивающие без учета статической погрешности регулирующих гидроэлементов постоянство линейных скоростей гусеничных движителей. Третью группу составляют системы, позволяющие без учета внутренних потерь давлений в гидроагрегатах выравнивать крутящие моменты на ведущих звездочках гусениц. С целью повышения эффективности использования гидропривода глубоководного АС ТПИ в составе каждой из этих групп рассматривались различные варианты соединений управляющих гидроаппаратов.

Помимо гидропривода движителей в рассматриваемые системы глубоководного АС ТПИ входят гидропривод осевых насосов заборно-загружающего устройства (ЗЗУ), гидропривод подъема-опускания ЗЗУ и гидропривод пенетрометра, структуры которых считаются известными. Все рассматриваемые системы гидроприводов глубоководного АС ТПИ содержат источник высокого давления, в качестве которого может быть использован регулируемый или нерегулируемый объемный насос.

При решении поставленных задач были построены математические модели всех перечисленных выше систем гидроприводов. При этом потребовалось совместное решение уравнений неустановившегося движения глубоководного аппарата на морском дне и уравнений, описывающих процессы в гидроприводах.

Система уравнений неустановившегося движения АС ТПИ, состоит из уравнений движения центра масс в проекциях на оси подвижной системы координат, начало которой совпадает с центром масс, уравнений вращательного движения относительно центра масс и уравнений, определяющих положение машины в неподвижной системе координат. Эта система уравнений представлена в виде:

$$m\frac{dV_x}{dt} = \Sigma F_x^{(e)} - m V_y \omega \quad ;$$

$$m\frac{dv_y}{dt} = m v_x \omega - \sum F_y^{(e)} \quad ;$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \omega \quad ;$$

$$J_z\frac{d\omega}{dt} = \sum M_z^{(e)} \quad ;$$

$$\frac{dx_н}{dt} = v_x \cos\varphi - v_y \sin\varphi \quad ;$$

$$\frac{dy_н}{dt} = v_x \sin\varphi + v_y \cos\varphi \quad ,$$

где m - масса АС ТПИ; v_x, v_y - соответственно, скорости центра масс АС ТПИ в направлении продольной и поперечной осей; $\sum F_x^{(e)}$, $\sum F_y^{(e)}$ - суммы проекций на подвижные координатные оси всех внешних сил, действующих на АС ТПИ ; ω - угловая скорость вращения агрегата относительно центра масс; J_z - момент инерции АС ТПИ ; $\sum M_z^{(e)}$ - сумма моментов внешних сил; $x_н$, $y_н$ - координаты положения центра масс АС ТПИ относительно неподвижных осей координат; φ - курсовой угол движения машины; t - время.

Система уравнений, описывающая процессы в исследуемых гидроприводах, содержит уравнения, составленные для гидромотора движителя, насоса, электрогидравлического усилителя (ГУ), распределителя, регулятора расхода, осевого насоса.

Процессы в гидромоторе гусеничного движителя i - го борта представлены уравнениями крутящего момента на выходном валу $M_{кpi}$ и уравнениями баланса расходов рабочей жидкости в напорной Q_{i1} и сливной Q_{i2} полостях:

$$M_{кpi} = \eta_{гм}\frac{V_м}{2\pi}|p_{i1} - p_{i2}| \quad ; \quad Q_i = \frac{V_м}{2\pi}\cdot\frac{v_i\, i_p}{(1-\delta_i)R_{вк}} \quad ;$$

$$Q_{перi} = K_{пер}(p_{i1} - p_{i2}); \quad Q_{yi1} = K_y(p_{i1} - p_{сл}); \quad Q_{yi2} = K_y(p_{i2} - p_{сл});$$

$$\frac{dp_{i1}}{dt} = \frac{B_{тр}}{V_{тр}}\left(Q_{i1} - Q_i - Q_{yi1} - Q_{перi}\right) \quad ;$$

$$\frac{dp_{i2}}{dt} = \frac{B_{тр}}{V_{тр}}\left(Q_{i2} - Q_i + Q_{yi2} - Q_{перi}\right) \quad ,$$

где $\eta_{гм}$ - механический к. п. д. гидромотора; $V_м$ - рабочий объем гидромотора; $K_у$, $K_{пер}$ - коэффициенты утечек и перетечек в гидромоторе; p_{i1}, p_{i2}, $p_{сл}$ - давления в напорной, сливной полостях гидромотора и слива; $B_{тр}$ - приведенный модуль объемной упругости жидкости; v_i - скорость движения i-го борта; $R_{вк}$ - радиус ведущего колеса гусеницы; $V_{тр}$ - объем напорной (сливной) полости гидромотора с подключенными трубопроводами; Q_i - геометрический расход рабочей жидкости через гидромотор; $i_р$ - передаточное число редуктора трансмиссии; $Q_{уi1}$, $Q_{уi2}$, $Q_{перi}$ - расходы утечек и перетечек в гидромоторе; $б_i$ - коэффициент проскальзывания гусеницы вследствие эффекта буксования при движении АС ТПИ, определяемый итерационным методом из уравнения Вонга:

$$P_{Ti} = \frac{F_{maxi}\left(1 - K\left(1 - e^{-\frac{б_i L}{K}}\right)\right)}{б_i L},$$

здесь P_{Ti} - сила тяги движителя; K - модуль горизонтальной деформации грунта; L - длина опорной поверхности гусеницы; F_{maxi} - максимально допустимая тяговая сила движителя на данном типе грунта.

Система уравнений, описывающих работу регулируемого насоса, включает уравнения границ рабочих зон по давлению и расходу в соответствии со статической характеристикой насоса, уравнения расхода и давления рабочей жидкости с учетом конечного времени заполнения внутренней полости регулятора насоса и неразрывности течения жидкости. В случае применения в качестве источника питания нерегулируемого насоса давление и расход рабочей жидкости принимались постоянными. Характеристики ЭГУ и дискретного распределителя описывались известными уравнениями расходов через напорные и сливные дроссельные окна данных устройств. Регулятор расхода представлен уравнениями его расходно-перепадной характеристики в границах рабочих зон. Процессы в осевом насосе рассматривались совместно с характеристиками приводного гидромотора и осевого колеса с учетом условия подобия режимов его работы.

Для решения полученной достаточно сложной системы алгебраических и дифференциальных уравнений были разработаны соответствующие алгоритмы расчета на ЭВМ установившихся и неустановившихся режимов работы АС ТПИ. Факторами, определяющими вид алгоритма расчета, являются нелинейность алгебраических и диф-

ференциальных уравнений, описывающих процессы в исследуемом гидроприводе : переменность нагрузок на гусеничных движителях, зависящих от скорости движения АС ТПИ и характера взаимодействия с донным основанием, переменность нагрузок на валах гидромоторов ЗЗУ, создаваемых осевыми насосами. При решении такой системы уравнений для вычисления статических характеристик гидропривода использовался метод последовательных приближений (метод деления интервала пополам). Для определения динамических характеристик гидропривода , из-за того, что математическая модель является "жесткой", применялся неявный метод Гира, позволяющий осуществить автоматический контроль погрешности на шаге. На текущем шаге расчет таких параметров, как сила сопротивлению движению и коэффициент буксования гусеничного движителя i-го борта, а также начальных условий проводился по разработанным алгоритмам вычисления параметров при установившемся режиме гидропривода.

На основе предложенных алгоритмов расчета стационарных и динамических процессов в рассматриваемом гидроприводе был составлен и отлажен комплекс программ на ЭВМ. Данные программы позволяют находить параметры гидропривода при моделировании технологического и транспортного режимов работы АС ТПИ, разгона и торможения, разворота по заданному радиусу для различных сочетаний конструктивных параметров гидроприводов, самого агрегата сбора, окружающей среды и донных грунтов. В программу динамического расчета был введен блок управляющих сигналов, подаваемых на гидроаппараты, и внешних возмущений со стороны грунта. Это позволило оценить управляемость и курсовую устойчивость АС ТПИ при различных режимах эксплуатации.

Третья глава посвящена экспериментальной проверке математической модели гидропривода глубоководного АС ТПИ и уточнению значений части коэффициентов, необходимых для адекватного математического описания элементов гидросистемы.

При экспериментальных исследованиях гидропривода АС ТПИ применялся метод полунатурного моделирования. Учитывая сложность технической реализации всей разветвленной системы гидроприводов АС ТПИ на физическом макете, в качестве объекта исследования был выбран наиболее сложный с точки зрения управления гидропривод движителей. Рассматривался транспортный режим эксплуатации АС ТПИ, в котором по циклограмме гидропривод

движителей является единственно действующим из всей системы гидроприводов.

Специально созданная установка позволяет имитировать различные законы управления и нагружения гидромоторов гусеничных движителей. Экспериментальный гидропривод движителей состоит из двух управляющих ЭГУ типа 6Ц210-04 и двух высокомоментных радиально-поршневых гидромоторов с датчиками давления и тахогенераторами. Стенд содержит также насосную станцию, блок управления и регистрирующую аппаратуру. Регулирование скорости вращения выходных звеньев гидроприводов осуществлялось при помощи установленных на входе в каждый гидромотор управляющих ЭГУ. Нагрузка на валу каждого гидромотора изменялась регулированием давлений на сливе из гидромоторов посредством установленных с этой целью нагружающих ЭГУ. Значения перепада давления на управляющих кромках каждого из них соответствовали перепаду давлений в полостях высокомоментного гидромотора гусеничного движителя при транспортном режиме движения.

Программа экспериментальных исследований гидропривода движителей АС ТПИ предусматривала:

1. Экспериментальное определение значений части коэффициентов, используемых при математическом моделировании элементов гидропривода рассматриваемых структур.

2. Проверку адекватности математической модели гидропривода в режимах торможения и разгона вала гидромотора при ступенчатом управляющем воздействии на нагружающем ЭГУ, соответствующих в реальных условиях эксплуатации АС ТПИ изменению свойств донного грунта.

В результате сравнения расчетных и экспериментальных переходных процессов были получены значения некоторых параметров гидропривода для последующего пересчета их с учетом глубоководных условий эксплуатации АС ТПИ. После корректировки параметров эксперим нтом подтверждена адекватность математической модели гидропривода движителей АС ТПИ с допустимой погрешностью не более 6 % . На рис. 1 приведены экспериментальные и расчетные графики изменения в зависимости от времени давлений рабочей жидкости на входе в управляющий ЭГУ (кривая 1), на входе в гидромотор (кривая 2) и на входе в нагружающий ЭГУ (кривая 3). Оценка погрешности измерений физического эксперимента проводилась в соответствии с ГОСТ 8.207-76.

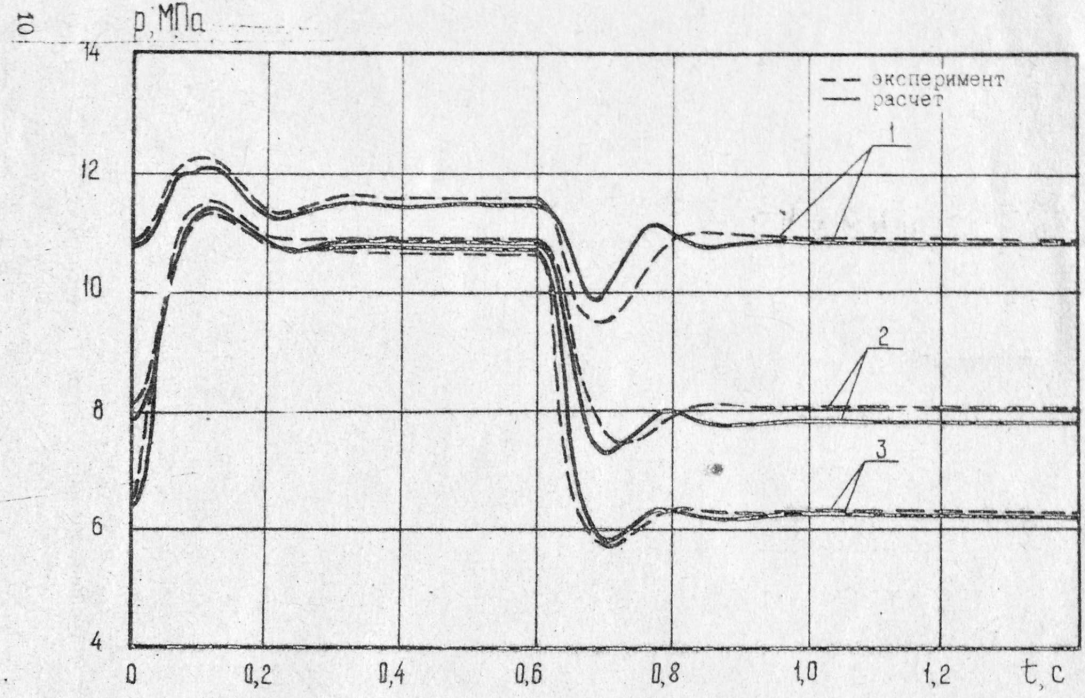

10
p, МПа
14
12
10
8
6
4
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1,0
1,2
t, с
эксперимент
расчет
1
2
3

Рис. I

В связи с зависимостью модуля упругости рабочей жидкости, коэффициентов утечек и перетечек гидромотора движителей от температуры и давления окружающей среды, было выяснено, как могут измениться переходные процессы, полученные при наземных испытаниях гидропривода, при работе его на большой глубине (до 6000 метров). При этом учитывалась возможность ламинарного и турбулентного режимов перетечек в гидромоторе движителя. В результате сравнения переходных процессов по давлению и угловой скорости вращения вала гидромотора движителя установлено незначительное увеличение колебательности и ухудшение демпфирующих свойств системы при учете влияния данных параметров в отдельности, а также уменьшение колебательности и улучшение демпфирующих свойств системы при совместном их рассмотрении.

Четвертая глава посвящена решению задачи практической оптимизации системы гидроприводов глубоководного АС ТПИ.

Сложность решения задачи заключалась в том, что гидропривод глубоководного агрегата сбора совместно с источником питания может быть представлен различными структурами с разнообразным сочетанием параметров, от выбора которых зависят показатели качества АС ТПИ.

Практически оптимальный вариант гидропривода глубоководного АС ТПИ должен был иметь минимальную массу и минимальное энергопотребление; обеспечивать наилучшую курсовую устойчивость АС ТПИ на заданной траектории движения при действии внешних возмущающих нагрузок на гусеничных движителях при условии достижения высокого к. п. д. гидропривода и обеспечении заданной скорости движения агрегата. Перечисленные требования были приняты как показатели качества рассматриваемых систем гидроприводов глубоководного АС ТПИ.

Численное моделирование рассматриваемых структур гидроприводов проводилось в случаях работы АС ТПИ на "слабых" илистых и "твердых" глинистых грунтах при различных глубинах (100, 1000 и 6000 метров).

В результате расчетов было установлено, что в системе гидропривода гидропривода глубоководного АС ТПИ целесообразно применить насосную станцию с регулируемым насосом, что позволяет добиться увеличения к. п. д. гидропривода в среднем на 20-25 % , снизить энергозатраты в 1,4-1,6 раза по сравнению с системой, снабженной нерегулируемым насосом.

Дальнейший анализ проектных вариантов систем гидроприводов АС ТПИ с выбранным типом источника питания в неустановившихся режимах показал, что АС ТПИ с гидроприводами второй группы при движении по "твердым" глинистым грунтам обладает лучшей курсовой устойчивостью по сравнению с другими вариантами. При работе на "слабых" илистых грунтах, характерных для глубоководных условий эксплуатации АС ТПИ, курсовая устойчивость АС ТПИ с гидроприводами второй группы ухудшается вследствие изменения тягово-сцепных свойств грунта, приближаясь к характеристикам АС ТПИ с гидроприводами первой и третьей групп.

На основании анализа проектных вариантов систем гидроприводов с учетом указанных выше показателей качества, а также с учетом таких неформализуемых факторов, как степень сложности управления, практические возможности технической реализации показана целесообразность использования системы гидропривода первой группы с регулируемым насосом. Структура этой системы представлена на рис. 2. Выбранный проектный вариант позволяет достаточно просто реализовать на его основе схему следящего привода с электрической обратной связью по угловой скорости вала гидромотора, что улучшает курсовую устойчивость АС ТПИ. Возможность использования в составе выбранной структуры гидропривода стандартного ЭГУ 6Ш210-04 была проверена экспериментально при полунатурном моделировании работы гидропривода.

Технические показатели выбранной структуры гидропривода глубоководного АС ТПИ могут быть также улучшены за счет параметрической оптимизации.

При разработке алгоритма оптимального проектирования глубоководного АС ТПИ был использован метод $ЛП_\tau$-поиска, описанный в работе И. М. Соболя и Р. Б. Статникова. Метод позволяет осуществить корректную постановку математической задачи оптимального проектирования в диалоговом режиме с ЭВМ. Применение метода для решения задач оптимального проектирования гидросистем рассмотрено в работах Г. К. Боровина, Д. Н. Попова, В. Л. Хвана.

Параметрическая оптимизация по методу $ЛП_\tau$-поиска проводится в несколько этапов, первым из которых является составление таблиц испытаний гидропривода АС ТПИ по каждому из показателей качества. В результате последующего анализа таблиц испытаний и введения критериальных ограничений выделяются те об-

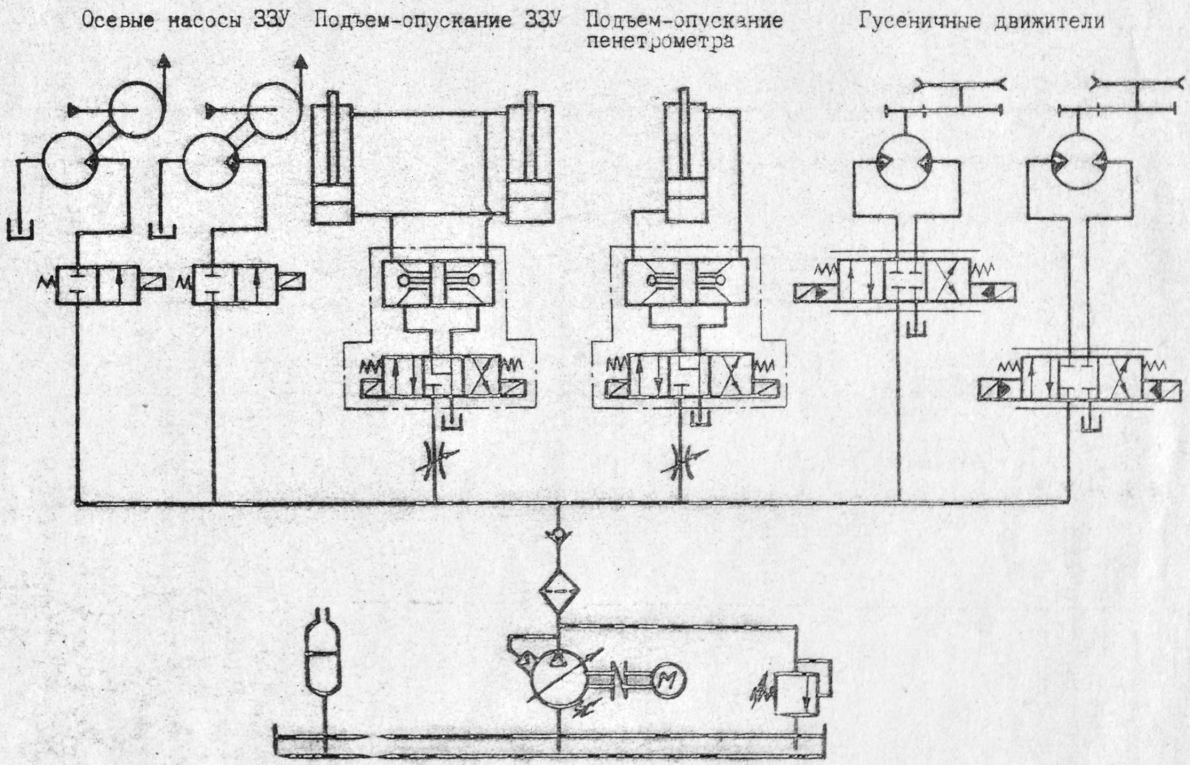

Осевые насосы ЗЗУ
Подъем-опускание ЗЗУ
Подъем-опускание пенетрометра
Гусеничные движители

Рис.2

ласти пространства параметров, в которых наблюдается оптимальное сочетание рассматриваемых показателей.

В качестве варьируемых параметров для параметрической оптимизации выбранного варианта структуры гидропривода АС ТПИ были приняты : давление питания насосной станции , рабочий объем высокомоментного гидромотора гусеничного движителя, передаточное число редуктора трансмиссии.

В результате параметрической оптимизации гидропривода с выбранной структурой было установлено, что значения параметров наиболее оптимальные для одного режима не являются оптимальными для другого. Практически оптимальное решение данной задачи было получено в процессе совместного анализа полученных комбинаций показателей качества в пробных точках пространства параметров при условии достижения высоких технических показателей по каждому из них в технологическом и транспортном режимах эксплуатации АС ТПИ. По сравнению с первоначальным вариантом после параметрической оптимизации к. п. д. гидропривода увеличился в 1,2-1,5 раза, энергопотребление снизилось на 20-30 %%, скорость движения АС ТПИ увеличилась в 1,03 раза, удельная масса гидропривода снизилась на 3 % .

Результаты анализа структур и параметрической оптимизации систем гидроприводов глубоководного АС ТПИ получили внедрение при создании опытного образца такого агрегата, разработанного в ОНИЛ НИИ АПП МГТУ им. Н. Э. Баумана по заказу НПО "Океангеотехника", (г. Новороссийск).

В приложении к диссертации даны программы расчета на ЭВМ различных режимов работы системы гидроприводов АС ТПИ, параметрической оптимизации этой системы по методу $ЛП_\tau$-поиска и фрагменты таблиц испытаний по критериям оптимизации.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Разработана рациональная математическая модель системы гидроприводов глубоководного агрегата сбора ТПИ с учетом динамики его движения на различных грунтах. Разработаны методики расчета установившихся и нестационарных режимов работы системы гидроприводов АС ТПИ .

2. Адекватность математической модели системы гидроприводов АС ТПИ после корректировки параметров подтверждена резуль-

татами экспериментов, проведенных на специально созданной для этого полунатурной установке.

3. Предложена методика оптимального проектирования гидросистем подобных машин. Параметрическая оптимизация выполнена с помощью метода $ЛП_\tau$- поиска, позволяющего осуществить проектирование системы гидроприводов в диалоговом режиме с ЭВМ.

4. Теоретические и экспериментальные исследования предварительно выбранных структур гидропривода АС ТПИ позволили установить следующее:

- в системе гидроприводов целесообразно использовать насосную станцию с регулируемым насосом, что позволяет добиться значительного улучшения показателей качества гидропривода по сравнению с показателями качества системы гидроприводов с нерегулируемым насосом ;

- практически оптимальный проектный вариант структуры гидропривода представлен схемой, показанной на рис. 2;

- изменение параметров окружающей среды при эксплуатации АС ТПИ на различных глубинах существенно не изменяет характеристик гидропривода;

- применение в составе АС ТПИ следящего гидропривода с обратной связью по угловой скорости вращения вала гидромотора движителя значительно улучшает курсовую устойчивость агрегата;

- ступенчатое закрытие управляющих клапанов гидропривода движителей в режиме торможения АС ТПИ приводит к значительным колебаниям давления (до 27 МПа - на "твердом" грунте, до 24 МПа - на "слабом" грунте) в напорной и сливной магистралях, подключенных к гидромоторам движителей, что может привести к разрушению гидросистемы. Для исключения этого явления в указанных магистралях рекомендуется устанавливать гидроаппаратуру, предотвращающую опасное повышение давления.

5. Результаты исследований внедрены в НИИ АШ МГТУ им. Н.Э. Баумана и НПО "Океангеотехника", г. Новороссийск при создании опытного образца глубоководного АС ТПИ.

Материалы диссертации отражены в научно-техническом отчете НИИ ЭМ МГТУ им. Н.Э. Баумана по теме ГЗ6/89 за 1989 г. и следующих работах:

1. Попов Д.Н., Лисовский Г.Е., Дмитриев В.Г. Полунатурное и математическое моделирование системы гидроприводов движителей подводных подъемно-транспортных комплексов// Проблемы раз-

вития и совершенствования подъемно-транспортной складской техники и технологии: Тезисы докладов II-й Всесоюзной научно-технической конференции. - М., 1990. -. С. 195.

2. Попов Д.Н., Лисовский Г.Е., Дмитриев В.Г. и др. Стенд для испытаний гидроприводов движителей подводных робототехнических комплексов // Машины, приборы, стенды: Каталог МГТУ. - 1992. - N 13. - С. 11-12.