Вагин Владимир Сергеевич. Обоснование параметров и создание передвижных проходческих подъемных установок на основе безредукторных следящих гидроприводов : автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.05.06 / Вагин Владимир Сергеевич;[Место защиты: Тульский государственный университет].- Тула, 2015

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «МАГНИТОГОРСКИЙ ГОСУДАРСТЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Г.И. НОСОВА» (ФГБОУ ВПО «МГТУ»)

На правах рукописи

C:\Users\Pavel\AppData\Local\AppData\Local\Temp\FineReader11.00\media\image1.png

ВАГИН ВЛАДИМИР СЕРГЕЕВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И СОЗДАНИЕ ПЕРЕДВИЖНЫХ ПРОХОДЧЕСКИХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ БЕЗРЕДУКТОРНЫХ СЛЕДЯЩИХ ГИДРОПРИВОДОВ**

Специальность 05.05.06 - «Горные машины»

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук

Научный консультант:

Кантович Леонид Иванович, доктор технических наук, профессор

Магнитогорск - 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 7

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ

ИССЛЕДОВАНИЙ 15

* 1. Анализ состояния и перспективы развития малогабаритных передвижных проходческих подъемных машин 15
  2. Приводы передвижных проходческих подъемных машин 22
  3. Современное состояние и перспективы применения безредукторного гидропривода в передвижных проходческих подъемных машинах 41
  4. Сравнительный экономический анализ эффективности использования различных систем приводов в проходческих подъемных установках...48
  5. Задачи исследования 52

Выводы 53

1. ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ ДИНАМИКИ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ И

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРОХОДЧЕСКОГО ПОДЪЕМА 55

* 1. Разработка динамической модели и вывод дифференциальных уравне­ний, описывающих движение механической системы одно

и двухконцевого проходческого подъема 55

* 1. Составление и анализ дифференциальных уравнений движения безредукторного высокомоментного гидравлического привода проходческого подъема 70
  2. Уравнения движения электромеханического асинхронного привода проходческого подъема 84
  3. Уравнения движения электромеханического тиристорного привода

постоянного тока проходческого подъема 91

Выводы 93

1. РАЗРАБОТКА СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗРЕДУКТОРНОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА ПЕРЕДВИЖНЫХ ПРОХОДЧЕСКИХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК 96
   1. Современное состояние и перспективы создания следящей системы управления высокомоментным гидроприводом передвижных проходческих подъемных установок 96
   2. Вывод уравнений движения следящей системы управления высокомоментного гидропривода передвижных проходческих подъемных установок 98
      1. Выбор принципиальной схемы следящей системы управления высокомоментных гидроприводов 98
      2. Разработка динамической модели исполнительного устройства гидромеханической следящей системы управления гидропривода передвижных проходческих подъемных установок 106
      3. Вывод уравнений движения механической проводки управления гидромеханической следящей системы 115
      4. Уравнения движения выходной части гидромеханической следящей системы управления гидропривода 117
      5. Уравнения движения исполнительного устройства следящей системы управления с кинематической обратной связью 119
   3. Оценка устойчивости гидромеханической системы управления 130
   4. Особенности нелинейной гидромеханической системы управления безредукторного гидропривода проходческого подъема 136
   5. Следящие гидравлические системы с электрическим управлением.... 139 Выводы 146
2. ИССЛЕДОВАНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ

СВОЙСТВ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ

СИЛОВЫХ СИСТЕМ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК 149

* 1. Исследования динамических режимов системы «проходческая подъемная

машина - безредукторный следящий гидропривод» 149

* + 1. Начальные и граничные условия решения уравнений движения

системы проходческого подъема 153

* 1. Исследование влияния конструктивных и динамических параметров подъемных установок на динамические нагрузки системы проходческого подъема с безредукторным гидроприводом 155
     1. Динамические усилия в упругих элементах при изменении удельных утечек и перетечек гидропривода 156
     2. Оценка влияния гидравлической податливости гидролиний 164
     3. Влияние эквивалентного демпфирования гидропривода

на динамику проходческого подъема 168

* + 1. Определение динамических усилий при изменении моментов инерции органов навивки 173
    2. Динамические нагрузки при изменении жесткости валопроводов подъемных машин 179
    3. Оценка влияния глубины проходки ствола на динамику подъемной установки 182
    4. Определение максимальных динамических усилий при изменении величины концевой нагрузки 186
    5. Степень влияния величины вязкого внутреннего трения каната. 190
    6. Оценка влияния рациональных конструктивных и динамических параметров подъемных установок с безредукторным следящим гидроприводом на динамические нагрузки и производительность проходческого подъема 193
  1. Исследование влияния параметров электромеханического асинхронного привода на динамичность системы проходческого подъема 199
  2. Исследование влияния параметров электромеханического тиристорного привода постоянного тока на динамичность системы проходческого

подъема 208

Выводы 214

5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРОХОДЧЕСКОЙ ПОДЪЕНОЙ УСТАНОВКИ С БЕЗРЕДУКТОРНЫМ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ 218

1. Задачи экспериментальных исследований 218
2. Создание экспериментальной подъемной установки 218
3. Экспериментальная проверка уравнений движения подъемной установки с безредукторным гидравлическим приводом 221
4. Установление рациональных параметров и исследования работы гидропривода в рабочих режимах проходческого подъема 226
5. Технико-экономические показатели передвижных проходческих подъемных установок с безредукторным гидроприводом и области их

эффективного использования 233

Выводы 246

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 249](#bookmark74)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 252

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Нормализованная система дифференциальных уравнений

одноконцевой подъемной установки с безредукторным гидроприводом 264

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Нормализованная система дифференциальных уравнений

подъемной установки с редукторным асинхронным приводом 265

ПРИЛОЖЕНИЕ В. Нормализованная система дифференциальных уравнений

подъемной установки с электромеханическим тиристорным приводом 267

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Основные расчетные параметры многоленточных

проходческих и стационарных канатных подъемных машин 269

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Технические данные основных элементов

безредукторного гидропривода 284

ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Расчетные параметры уравнений подъемной установки

с гидроприводом 286

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Технические данные элементов редукторного

асинхронного привода 287

ПРИЛОЖЕНИЕ И Исходные данные системы уравнений асинхронного

привода 288

ПРИЛОЖЕНИЕ К Технические данные тиристорного привода постоянного тока 289

ПРИЛОЖЕНИЕ JI Исходные данные системы уравнений тиристорного

привода 290

ПРИЛОЖЕНИЕ М Технические характеристики передвижных

проходческих подъемных машин 291

ПРИЛОЖЕНИЕ Н Акт об использовании результатов

научно-исследовательской работы в Магнитогорском Специализированном

шахтостроительном предприятии 292

ПРИЛОЖЕНИЕ П Акт внедрения разработок материалов докторской

диссертационной работы ЗАО «Урал Спец Маш» 293

ПРИЛОЖЕНИЕ Р Акт внедрения материалов по докторской диссертационной

работе ООО «Башкирская медь» 294

ПРИЛОЖЕНИЕ С Справка об использовании в учебном процессе МГТУ

им. Г.И. Носова результатов диссертационной работы 295

ПРИЛОЖЕНИЕ Т Акт об использовании результатов диссертационной работы в ФГАОУ ВПО «Новотроицкий филиал НИТУ «МИСиС» в учебном процессе 297

ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность и направленность работы.** Важнейшей задачей, стоящей перед горнодобывающей промышленностью в настоящее время, является обес­печение промышленности России топливно-сырьевыми ресурсами.

Решение этой стратегической задачи настоятельно требует увеличения масштабов и темпов нового шахтного строительства, сооружения высокопроиз­водительных горных предприятий и ввод их в эксплуатацию в нормативные сроки. Однако фактическая продолжительность строительства глубоких шахт в настоящее время составляет 10-12 лет и превышает нормативную 2-3 года, а иногда и больше, с учетом времени на проектирование (не менее 2-3 лет) и дли­тельности освоения проектной мощности, достигает 15-20 лет.

Основное время в строительстве новых шахт занимает проведение гор­ных выработок и, главным образом, проходка вертикальных стволов. В общем комплексе строительства глубоких шахт на долго стволов приходится 25-30 *%* стоимости и 40-65 % общего времени строительства.

Одним из эффективных путей сокращения сроков строительства шахт яв­ляется оснащение их полным комплексом передвижного оборудования. Приме­няемые передвижные подъемные машины типа МПП, оснащенные редуктор- ным асинхронным приводом, имеют значительную массу, стоимость, большие габариты, относительно небольшую высоту подъема и незначительно отлича­ются по этим показателям от стационарных одноканатных подъемных машин.

Эти показатели можно существенно улучшить, с одной стороны, приме­нением новых тяговых органов в виде высокопрочной стальной ленты, а с дру­гой - применением компактных безредукторных регулируемых гидравлических приводов, позволяющих решить особо острую проблему увеличения глубины проходки стволов, снижения габаритов и металлоемкости подъемных устано­вок.

Недостаточное внимание к решению данной проблемы является сущест­венным препятствием широкого использования безредукторного гидропривода в приводе передвижных проходческих подъемных установок.

Это вызвано, в первую очередь, отсутствием до последнего времени ме­тодов и теоретических основ динамического расчета систем «передвижная про­ходческая подъемная машина - безредукторный следящий гидравлический при­вод» и исследований согласованного управления этими системами в режиме работы проходческого подъема.

Важным фактором, определяющим конструктивное исполнение проход­ческих передвижных подъемных установок (ПППУ) и во многом их эксплуата­ционных свойств, является отсутствие научно обоснованных параметров гидро­системы и рационального режима ее работы при минимальной функциональной динамичности проходческого подъема.

Существенное улучшение технико-экономических показателей ПППУ возможно по линии увеличения производительности, снижения массы и габа­ритов, уменьшения энергоемкости и увеличения их надежности.

Следовательно, научное обоснование параметров и создание передвиж­ных проходческих подъемных установок высокой эффективности на основе безредукторных следящих гидроприводов с учетом необходимости сокращения сроков строительства шахт, является актуальной научной проблемой.

**Цель работы** заключается в установлении закономерностей формирова­ния динамических нагрузок, научном обосновании параметров и создании пе­редвижных проходческих подъемных установок на основе компактных высо- комоментных безредукторных следящих гидроприводов, обеспечивающих по­вышение эффективности проходческого подъема и сокращение сроков соору­жения вертикальных стволов строящихся шахт.

**Идея работы** заключается в использовании высокой демпфирующей спо­собности безредукторного следящего гидропривода позволяющего в значи­тельной степени снизить динамические нагрузки в упругих элементах пере­

движных проходческих подъемных установок и повысить производительность проходческого подъема и проходческих работ при строительстве шахт.

Методы исследований: анализ и обобщение научных исследований по динамике нити переменной длины; методы численного интегрирования диффе­ренциальных уравнений гидравлических и электромеханических систем; экспе­риментальные исследования систем безредукторного гидравлического привода на базе промышленной подъемной установки с применением тензометрических методов измерения и регистрации процессов в неустановившихся режимах ра­боты гидромеханической системы.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

1. Создание передвижных проходческих подъемных установок нового технического уровня базируется: на установлении закономерностей формиро­вания динамических нагрузок в упругих элементах гидромеханической систе­мы проходческого подъема, с учетом распределенности массы и упруго-вязких свойств тяговых органов переменной длины; конструктивных и динамических параметров подъемных машин и безредукторного следящего гидропривода.
2. Обоснование и выбор динамических параметров проходческого подъ­ема с безредукторным следящим гидроприводом следует производить на осно­ве установленных зависимостей динамических нагрузок в гидромеханической системе и математической модели передвижной подъемной установки, разра­ботанной с учетом конструктивных особенностей и физических свойств реаль­ной системы, определяющей динамический облик проходческого подъема.
3. Снижение постоянно действующих динамических нагрузок в упругих элементах подъемных установок достигается сочетанием выявленных рацио­нальных конструктивных, режимных и динамических параметров гидромеха­нической системы проходческого подъема.
4. Обобщенные закономерности протекания динамических процессов в неустановшихся режимах работы подъемных установок с различными систе­мами приводов являются основой для определения рациональных динамиче­ских и режимных параметров следящего безредукторного гидропривода, обес­печивающего минимальную динамичность и максимальную эффективность ра­боты проходческого подъема.
5. Определение и выбор параметров гидромеханической следящей систе­мы управления гидроприводом проходческого подъема производится на основе математической модели, позволяющей установить основу ее динамической структуры и рассчитать динамическую устойчивость и быстродействие следя­щей системы управления.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и ре­комендаций** подтверждается сходимостью результатов экспериментальных и теоретических исследований при расхождении, не превышающем 8-12%; кор­ректным использованием математических аналитических и численных методов, применяемых в теоретической механике и теории электрических и гидравличе­ских приводов; целесообразностью применения нового компактного безредук­торного высокомоментного гидравлического привода в передвижных проход­ческих подъемных установках.

**Научная новизна работы** заключается в:

* разработке математической модели системы «передвижная проходче­ская подъемная машина - безредукторный следящий гидропривод», представ­ляющей проходческий подъем как единую электрогидромеханическую систему, позволяющую комплексно учитывать динамическую загруженность элементов системы, переходные электромагнитные процессы в приводном электродвига­теле гидросистемы, процессы в сливной и напорной гидролиниях и подпиточ- ном устройстве, а также процессы, происходящие в следящей системе управле­ния гидроприводом;
* установлении закономерностей формирования динамических нагрузок в упругих элементах гидромеханической системы проходческого подъема, связей между электрическими, гидравлическими и механическими параметрами подъ­емной установки с безредукторным гидравлическим приводом и выявлении за­висимости между положение вала органа навивки, изменением координаты управляющего элемента следящего гидропривода и моментом нагрузки от под­нимаемого груза;
* разработке математической модели следящей гидромеханической и электрогидравлической систем управления безредукторным гидроприводом подъемной установки, позволяющей устанавливать закономерности протекания динамических процессов и взаимосвязи параметров в следящей системе управ­ления и определяющей динамический облик систем: структурные схемы, пере­даточные функции, постоянные времени, запасы устойчивости, точность и быстродействие управления;
* разработке способов снижения динамических нагрузок, возникающих в механической системе проходческого подъема и гидравлической системе при­вода посредством целенаправленного воздействия режимных параметров и корректирующих обратных связей по динамическому давлению.

Научное значение работы заключается в том, что:

* установлены закономерности протекания динамических процессов раз­гона гидромеханической системы проходческого подъема, позволяющие выяв­лять характер формирования нагрузок в упругих элементах и производить рас­четы динамических характеристик безредукторного гидравлического и элек­тромеханических приводов;
* разработаны математические модели проходческих подъемных устано­вок с безредукторным гидравлическим приводом и электромеханическими при­водами, учитывающие взаимосвязи параметров привода и подъемной машины и позволяющие устанавливать способы снижения динамических нагрузок и определять значения коэффициентов динамичности в тяговых органах, вало­проводах подъемных машин и системах приводов;
* разработана математическая модель гидромеханической следящей си­стемы управления безредукторным гидравлическим приводом передвижной проходческой подъемной установки, определяющая основу динамической структуры следящей системы, позволяющая рассчитывать динамические харак­теристики управляемости следящего контура гидропривода.

**Практическое значение** работы заключается в разработке:

* методик динамического анализа и синтеза переходных процессов про­ходческих подъемных систем, оснащенных безредукторным гидроприводом и электромеханическими приводами переменного и постоянного тока, позволя­ющих определять рациональные силовые, конструктивные, режимные и дина­мические параметры проходческих подъемных установок, для получения наиболее благоприятных переходных процессов, обеспечивающих минималь­ные динамические нагрузки в упругих элементах установок;
* математических моделей передвижных проходческих подъемных уста­новок с различными системами приводов для выполнения сравнительного ана­лиза возникающих динамических нагрузок в упругих элементах при неустано- вившихся режимах работы проходческого подъема;
* методики расчета динамических характеристик следящей системы управления безредукторным гидроприводом, позволяющей определять устой­чивость и качественные показатели гидромеханической системы управления в переходных режимах и устанавливать влияние конструктивных параметров и структуры системы на её работоспособность.

**Реализация результатов работы.** Разработана и зарегистрирована Феде­ральным институтом промышленной собственности в Реестре программ для ЭВМ № 2014611900 от 13.02.2014 г. «Динамика мобильных проходческих подъемных установок» для исследования динамических нагрузок в подъемных установках с безредукторным гидравлическим приводом.

Разработана новая конструктивная схема компактной передвижной про­ходческой подъемной установки с безредукторным следящим гидроприводом, позволяющая снизить массу, габариты и расход электрической энергии, повы­сить надежность, эксплуатационную производительность подъема и значитель­но сократить сроки сооружения вертикальных стволов строящихся шахт.

Научные результаты диссертационной работы по созданию следящего безредукторного гидравлического привода проходческих подъемных установок мобильного исполнения приняты к внедрению Магнитогорским Специализиро­ванным шахтостроительным предприятием и ООО «Башкирская медь» для практической реализации в разработке технического задания на проектирова­ние передвижных проходческих подъемных установок с безредукторным высо- комоментным следящим гидроприводом.

Методика динамического расчета по определению рациональных пара­метров горных машин мобильного исполнения с безредукторным высокомо- ментным следящим гидравлическим приводом и электромеханическими приво­дами постоянного и переменного тока принята к использованию ЗАО «Урал- СпецМаш» в проектах при разработке и изготовлении новых образцов машин для горного производства.

Основные научные положения диссертационной работы и практические рекомендации по расчету динамики горных и металлургических машин с без­редукторным гидро- и электромеханическими приводами используются в кур­совом и дипломном проектировании в ФБГОУ ВПО «МГТУ» и Новотроицком филиале НИТУ «МИСиС» студентами специальностей «Горные машины и обо­рудование» и «Металлургические машины и оборудование».

Апробация работы. Основные положения и результаты работы доклады­вались и получили одобрение на ежегодных научно-технических конференциях Магнитогорского государственного технического университета (Магнитогорск, 1980-2014 гг.), научно-технической конференции «Перспективы развития подъ­емно-транспортного машиностроения, средств комплексной механизации и ав­томатизации погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ» (Крас­ноярск, 1980 г.), 1-й Всесоюзной научно-технической конференции «Динамиче­ские процессы в горных машинах и стационарных установках» (Тбилиси, 1989 г.), II Республиканском семинаре «Проблемы разработки полезных ископаемых в условиях высокогорья» (Фрунзе, 1990 г.), Межгосударственной научно- технической конференции «Состояние и перспективы развития научно- технического потенциала Южно-Уральского региона» (Магнитогорск, 1994 г.), международных симпозиумах «Неделя горняка-2011, 2013, 2014 и 2015» (Москва, МГГУ, 2011, 2013, 2014 и 2015 гг.).

**Публикации.** Основные результаты исследований отражены в 52 науч­ных трудах, из них 17 статей в изданиях, рекомендованных ВАК.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введе­ния, пяти глав, заключения, списка литературы из 118 наименований и 16 при­ложений. Содержит 298 страниц машинописного текста, включая 90 рисунков, 23 таблицы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена актуальная научная проблема в обла­сти разработки передвижного подъемного проходческого оборудования, за­ключающейся в научном обосновании параметров и создании передвижных проходческих подъемных установок на основе безредукторных следящих гид­роприводов, включающей математические модели: передвижных подъемных машин, высокомоментного безредукторного гидравлического привода, элек­тромеханических приводов и следящих систем управления подъемной установ­кой, методики динамического анализа и синтеза, закономерности и зависимо­сти, определяющие и устанавливающие рациональные конструктивные, дина­мические и режимные параметры, способствующие существенному повыше­нию эффективности компактных передвижных подъемных установок и сокра­щению сроков строительства глубоких шахт, имеющих важное значение для развития горнодобывающей отрасли страны.

Основные научные выводы и практические результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Выполнено научное обоснование и выбор рациональных параметров передвижных проходческих подъемных установок, создаваемых на основе компактных высокомоментных безредукторных следящих гидроприводов, спо­собствующих существенному повышению производительности за счет увели­чения загрузки подъемных сосудов при снижений динамических нагрузок в упругих элементах проходческого подъема.
2. Разработаны математические модели проходческих подъемных устано­вок с безредукторным следящим гидроприводом и **электромеханическими** приводами, учитывающие взаимосвязи параметров привода и подъемных ма­шин и позволяющие определять эффективные способы снижения динамических нагрузок и выявлять значения коэффициентов динамичности в тяговых органах и системах гидравлического и электромеханических приводов.
3. Выявлены основные закономерности формирования динамических нагрузок в упругих элементах гидромеханической системы проходческого подъема с учетом колебательных явлений во время переходных процессов при работе подъемных установок в неустановившихся режимах.
4. Установлено, что динамические процессы в упругих элементах меха­нической системы проходческого подъема с тяговым органом из высокопроч­ной стальной ленты достаточно точно описываются системой неоднородных нелинейных уравнений 2-го порядка с переменными коэффициентами, а дви­жение безредукторного гидропривода - нелинейной системой дифференциаль­ных уравнений, позволяющих учитывать электромагнитные процессы в при­водном электродвигателе насоса и динамические параметры гидронасоса, гид­ромотора, гидролиний и подпиточного устройства.
5. Разработаны математические модели гидромеханической и электро­гидравлической следящих систем управления безредукторным гидравлическим приводом передвижной проходческой подъемной установки, учитывающие взаимосвязи параметров, определяющих основу динамических структур следя­щих систем, позволяющие рассчитывать динамические характеристики управ­ляемости следящего контура привода.
6. Разработана и обоснована новая конструктивная схема передвижной проходческой подъемной установки, выполненная на основе малогабаритного безредукторного следящего гидравлического привода, позволяющая снизить в несколько раз трудоемкость строительно-монтажных работ, повысить произво­дительность подъемных и проходческих работ, снизить общие затраты на со­оружение вертикальных стволов и существенно сократить сроки строительства шахт.
7. Разработана методика динамического расчета и анализа неустановив­шихся процессов, позволяющая обосновать рациональные конструктивные и динамические параметры проходческих подъемных установок, важнейшими из которых являются: жесткости соединительных упругих элементов и моменты инерции маховых масс подъемной машины, гидравлические податливости гид­ролиний, удельные утечки и перетечки, эквивалентное демпфирование гидро­привода, и установить их значения, обеспечивающие минимальную динамич­ность и максимальную эффективность проходческого подъема.
8. Применение в передвижных подъемных установках безредукторного следящего гидропривода по сравнению с электромеханическим приводом поз­воляет повысить грузоподъемность при снижении динамичности подъемных систем на 10-32 %, снизить массу в 1,6-4,3 раза и габариты в 2-4 раза, электро­потребление на 12-20 % и приведенные экономические затраты в 1,2-1,9 раза, увеличить скорость проходки вертикального ствола строящейся шахты на 5- 16,5 м/мес, снизить продолжительность его сооружения на 1-3 месяца, повы­сить производительность проходчиков на 10-20 *%.*
9. Методика динамического расчета по определению рациональных пара­метров горных машин мобильного исполнения с безредукторным высокомо- ментным следящим гидравлическим приводом и электромеханическими приво­дами постоянного и переменного тока принята к использованию ЗАО «Урал- СпецМаш» в проектах при разработке и производстве новых образцов машин для горного производства.

Научные результаты диссертационной работы по созданию следящего безредукторного гидравлического привода проходческих подъемных установок мобильного исполнения приняты к внедрению Магнитогорским Специализиро­ванным шахтостроительным предприятием и ООО «Башкирская медь» для практической реализации в разработке технического задания на проектирова­ние передвижных проходческих подъемных установок с безредукторным высо- комоментным следящим гидроприводом.

Основные научные положения диссертационной работы и практические рекомендации по расчету динамики горных и металлургических машин с без­редукторным гидро- и электромеханическими приводами используются в кур­совом и дипломном проектировании в ФБГОУ ВПО «МГТУ» и Новотроицком филиале НИТУ «МИСиС» студентами специальностей «Горные машины и обо­рудование» и «Металлургические машины и оборудование».

252

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малевич Н.А. Машины и комплексы оборудования для проходки вертикаль­ных стволов. - М.: Недра, 1975. - 312 с.
2. Руководство по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных устано­вок. -М.: Недра, 1970. - 511 с.
3. Справочник механика-шахтостроителя /под ред. Д. И. Малиованова. - М.: Недра, 1968. - 623 с.
4. Димашко А. Д., Гершиков И .Я., Кревневич А. А. Шахтные электрические лебедки и подъемные машины: справочник. - М.: Недра, 1973. — 363 с.
5. Миндели Э.О., Тюркян Р.А. Сооружение и углубка вертикальных ство­лов шахт.-М.: Недра, 1982.-312 с.
6. Меликсетов С.С. Передвижное проходческое оборудование для оснащения строящихся шахт //Шахтное строительство. - 1975. - № 12. - С. 35-42.
7. Справочник механика шахтостроителя /под ред. В.В. Белого. - М.: Недра,
8. -Т. 1.-439 с.
9. Борохович А.И., Меленьтьев Ю.И., Дьяченко С.Н. Использование стальной ленты в качестве тягового органа шахтных подъемных установок //Цветная металлургия. - 1971. - № 13. - С. 46-47.
10. Борохович А.И., Мелентьев Ю.И., Загузин А.Т. Шахтные бобинные подъ­емные установки с ленточным тяговым органом: сб. науч. тр. //МГМИ. - Магнитогорск, 1970. - Вып. 83. - С. 27-29.
11. Вагин B.C. Схемы безредукторного гидропривода шахтных подъемных ма­шин с ленточным тяговым органом: сб. науч. тр. /МГМИ. - Магнитогорск, 1973.-Вып. 138.-С. 45-47.
12. Вагин B.C., Корман А.Х. Сравнительный анализ подъемных машин с ка­натным и ленточным тяговым органом: сб. науч.тр.//МГМИ. — Магнито­горск, 1974. - Вып. 125. - С. 28-32.
13. Дьяченко С.Н. Исследование многоленточной подъемной установки со шкивом для золотодобывающих рудников: автореф. диссертации канд. техн. наук. - Магнитогорск, 1973. - 16 с.
14. Загузин А.Т. Исследование применения стальной ленты в качестве тягового органа двухбарабанных шахтных подъемных машин: автореф. диссертации канд. техн. наук. - Магнитогорск, 1973. - 16 с.
15. Крупинин В.Т. Исследование механических свойств высокопрочной метал­лической ленты: автореф. диссертации канд. техн. наук. - Ленинград, 1970. - 16 с.
16. Мелентьев Ю.И. Исследование возможности применения стальной ленты в качестве тягового органа некоторых грузоподъемных установок: автореф. диссертации, д-ра техн. наук. - Свердловск, 1970. - 40 с.
17. бБорохович А.И., Дьяченко С.Н. Из опыта применения стальной холодно­катаной ленты в качестве тягового органа грузоподъемных машин и меха­низмов в цветной металлургии. - М.: Цветметинформация, 1977. - 42 с.
18. Борохович А.И., Костяшко А.Н., Иванов В.И. Влияние статического запаса прочности на долговечность гибкого тягового органа грузоподъемных ма­шин - стальная лента// Изв. вузов. Горный журнал. - 1974. - № 6. - С. 143- 145.
19. Борохович А.И. Методика выбора основных параметров стальной ленты как тяговых элементов шахтных подъемных машин / /Изв. вузов. Горный журнал. - 1977. - № 12. - С. 93-100.
20. Борохович А.И., Добровинский И.Р., Иванов В.А. Устройство контроля механического состояния стальной ленты, используемой в качестве тягово­го органа // Дефектоскопия. - 1977. - № 3. - С. 102-105.
21. Влияние коэффициентов динамичности на усталость стальной ленты /Борохович А.И., Иванов В.И., Костюшко А.Н., Дьяченко С.Н. // Изв. ву­зов. Горный журнал. - 1974.- № 1. - С. 119-122.
22. Динамические напряжения в многоленточных тяговых органах подъем­ных установок при обрыве одной из них/Борохович А.И., Мелентьев Ю.И., Ройтман А.М., Жарков В.М. //Изв. вузов. Горный журнал. - 1972. - № 3. - С. 120-125.
23. Борохович А.И., Бариев Н.В., Дьяченко С.Н. Грузоподъемные установки с ленточным тяговым органом. - М.: Машиностроение, 1980. - 191 с.
24. Вагин B.C. Перспективы применения гидропривода в передвижных про­ходческих подъемных установках // Процессы и оборудование металлурги­ческого производства: межрегион. сб. науч. тр. Вып 8. - Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2009.-С. 153-161.
25. Дефектоскоп для контроля трещин в стальной ленте тягового органа подъ­

емников: Информационный листок № 297-76/Борохович А.И., Добровин- ский И.Р., Иванов В.А. и др. - Пенза: ЦНТИ, 1976.

1. Борохович А.И., Мелентьев Ю.И. Применение тонкой стальной ленты вме­сто канатов полиспастных систем //Изв. вузов. Горный журнал. - 1970. - №
2. -С. 103-108.
3. Вагин B.C., Дьяченко С.Н. Сравнительный анализ весовых, габаритных и энергетических показателей ленточных подъемных машин с различными системами приводов//Механизация работ на рудниках: межвуз. сб. - Кеме­рово, 1977. - Вып. 2. - С. 3-7.
4. Тулин B.C. Электропривод и автоматика многоканатных рудничных подъемных машин. - М.: Недра, 1964. - 194 с.
5. Уманский В.Б. Электрические подъемные установки. - М.: Гортехиздат, 1960.-370 с.
6. Сандлер А.С. Регулирование скорости вращения асинхронных двигателей. -М.: Энергия, 1966. - 130 с.
7. Беспалов В.Я. Перспективы создания отечественных электродвигателей нового поколения для частотно-регулируемого электропривода. //Труды IV Международной (XV Всероссийской) конференции по автоматизирован­ному электроприводу «Автоматизированный электропривод в XXI веке: пути развития» (АЭП-2004, Магнитогорск, 14-17 сентября 2004 г.) Ч. 1. - Магнитогорск, 2004. - С. 24-32.
8. Моделирование электромеханической системы электровоза с асинхронным тяговым приводом, под ред. Е.М. Плахова.-М.: Транспорт, 2001. - 286 с.
9. Загорский А.Е., Галустян К.М. Взаимосвязь динамических и массогабарит­ных показателей частотно-управляемых асинхронных двигателей // Элек­тротехника. 1983. - № 9. - С.2-6.
10. Тюков В.А. Динамические процессы в электромеханических системах. Диссертация д-ра. техн. наук. - Новосибирск, 2002. - 358 с
11. Динамические напряжения в многоленточных тяговых органах подъемных установок при обрыве одной из них/Борохович А.И., Мелентьев Ю.И., Ройтман А.М., Жарков В.М.//Изв. вузов. Горный журнал. - 1972. - № 3. - С. 120-125.
12. Вагин B.C. Перспективы создания малогабаритных передвижных проход­ческих подъемных машин // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. - Магнитогорск: МГТУ, 2008. - С. 168 - 175.
13. Кольга А.Д., Вагин B.C. Колесные машины с плоскостью колеса, накло­ненной к оси вращения. Возможности использования на подземных разра­ботках //Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2005. - № 2 — С. 289-292.
14. Вагин B.C. Перспективы применения гидропривода в передвижных про­ходческих подъемных установках //Процессы и оборудование металлурги­ческого производства: межрегион. сб. науч. тр. / под. ред. Платова С.И. Вып. 8 - Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ». - С. 120 - 124.
15. Пономаренко Ю.Ф. Высокомоментные радиально-поршневые гидромоторы горных машин. - М.: Недра, 1972. - 376 с.
16. Гамынин Н.С. Гидравлический привод систем управления. - М.: Машино­строение, 1972. - 376 с.
17. Гидроприводы вращательного движения для горных машин /Рогов А .Я., Никитин Ю.А., Алеев А.И., Сафонов М.В. - М.: ЦНИИЭ - уголь, 1972. - 120 с.
18. Астахов А.В., Пономаренко Ю.Ф. Гидропривод горных машин. — М: Ма­шиностроение, 1977. - 249 с.
19. Свешников В.К. Гидрооборудование. Международный справочник. Номен­клатура, параметры, размеры, взаимозаменяемость. В 3 кн. М.; ООО «Изда­тельский центр «Техинформ» МАИ» 2001-2003. - 360, 508, 480 с.
20. Гамынин Н.С. Основы следящего гидравлического привода. - М.: Оборон- гиз, 1962. -293 с.
21. Вестник Си СУ. - Хельсинки-Хомеснлинна-Карья, Финляндия, 1973. - 42 с.
22. Половко А.М. Основы теории надежности. - М.: Наука, 1964. - 448 с.
23. Сотсков Б.С. Основы теории и расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники. - М.: Высш. шк., 1970. - 270 с.
24. Мелькумов Л.Г. и др. Надежность аппаратуры, приборов и средств автома­тизации в угольной промышленности. - М.: Недра, 1964. - 160 с.
25. . Надежность аппаратуры горных автоматических устройств /Михайлов

В.А., Давыденко В.Н., Логвин В.В. и др. - Киев: Техника, 1967. - 231 с.

1. Электрогидравлические следящие системы /под ред. В.А.Хохлова. - М.: Машиностроение, 1971.-431 с.
2. Дружинин Г.В. Надежность устройств автоматики. - М.: Энергия, 1964. — 264 с.
3. Докукин А.В., Рогов А.Я., Фейфец Л.С. Радиально-поршневые гидромото­ры многократного действия. - М.: Машиностроение, 1980. - 288 с.
4. Католиков В.Е. Тиристорный привод с реверсированием в цепи обмотки возбуждения двигателя для шахтных подъемных машин //Автоматизированный электропривод в народном хозяйстве: тр. V Всесо­юзной конф. по автоматизированному электроприводу. - М.: Энергия, 1971. -Т. 2.-С. 153-168.
5. Комаров А.А. Надежность гидравлических систем. — М.: Машиностроение, 1969.-236 с.
6. Козлов В.А., Ушаков И.А. Краткий справочник по расчетам надежности радиоэлектронной аппаратуры. - М.: Сов. радио, 1966. — 188 с.
7. Степанов М.Л. Особенности дугостаторного привода и возможности его применения в шахтном подъеме//Горная электромеханика: науч. сообщение ИГД им. А.А. Скочинского. - М.: Недра, 1968. - Вып. 48. - С. 58-63.
8. Зарубежные высокомоментные роторно-поршневые гидромоторы: Об­зор/Данилин А.В., Ловцов Ю.И., Маслов В.К. и др. - М.: ЦНИИ- тракторосельхозмаш, 1974. - 59 с.
9. Исследование и оптимизация гидропередач горных машин/Докукин А.В., Берман В.М., Рогов А.Я., Козин Г.Ю., Фейфец Л.С., Никитин Ю.А., Голь- дин В.М., Етингоф Е.А., Климанова Т.С. - М.: Наука, 1978. - 196 с.
10. Центробежные и объемные гидропередачи и перспективы их применения в горной промышленности/Докукин А.В., Берман В.М., Пономаренко Ю.Ф. и др. - М.: Недра, 1964. - 370 с.
11. Watkins R.R. History of the marketing of Staff Hydraulik Motors - In: Making Technological Profitable - Hidrostatic Drives Conference. London, 1974.
12. Зайцев Н.Л. Экономика промышленного предприятия. - 3-є изд. - М.: ИН- ФРА-М, 2004.
13. Горное оборудование: Номенклатурный каталог 16-2-84/1. - М.: Недра,
14. -230 с.
15. Голубенцев А.Н. Динамика переходных процессов в машинах со многими массами. - М.: Машгиз, 1969. - 145 с.
16. Давыдов Б.Л., Скородумов Б.А. Динамика горных машин. - М.: Машгиз, 1959.-335 с.
17. Гаркуша Н.Г., Дворников В.И., Костюченко В.А. Исследование переходных процессов в нелинейной системе подъемная машина-канаты-грузы //Стальные канаты. - Киев: Техника, 1968. - № 5. - С. 23-26.
18. Степанов А,Г. Динамика машин. - Екатеринбург УрО РАН, 1999. - 305 с.
19. Горошко О.А., Савин Г.Н. Введение в механику деформируемых тел пере­менной длины. - Киев: Наукова думка, 1971. - 220 с.
20. Савин Г.Н., Горошко О.А. Динамика нити переменной длины. - Киев: Изд:. АН УССР, 1962.-232 с.
21. Вагин B.C., Туркин И.С. Уравнения движения многоленточных подъем­ных установок с высокомоментным гидравлическим приводом // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2011. - № 4. - С 301-303.
22. Гаркуша Н.Г., Дворников В.И., Костюченко В.А. Сравнение некоторых ре­зультатов исследований динамики подъемного каната с эксперименталь­ными данными//Стальные канаты. - Киев: Техника, 1970. - № 7. - С. 341 - 343.
23. Вагин B.C. Совершенствование проходческого подъема // Горный инфор­мационно-аналитический бюллетень. - 2011. - № 5. - С. 214-217.
24. Блекборн Д.Ф., Ритхоф Г., Шерер Д. Гидравлические и пневматические си­ловые системы управления. - М.: Изд-во иност. лит., 1962. - 240 с.
25. Гамынин Н.С. и др. Гидравлический следящий привод. — М.: Машиностро­ение, 1968. -364 с.
26. Кожевников С.Н., Пешат В.Ф. Гидравлический и пневматический приводы металлургических машин. - М.: Машиностроение, 1973. - 280 с.
27. Вагин B.C. Уравнения движения безредукторного гидравлического приво­да проходческих подъемных установок // Горный информационно­аналитический бюллетень. - 2011. - № 9. - С. 269-273.
28. Козин Г.Ю. Повышение эффективности карьерных роторных экскаваторов на основе гидрофикации главных приводов при разработке сложнострук­турных забоев: Автореф. дис д-ра. техн. наук. - М., 1986. - 34 с.
29. Мелентьев Ю.И., Корман А.Х., Вагин B.C. Определение динамических свойств гидропривода шахтной подъемной машины с ленточным тяговым органом//Вопросы горной механики: сб. науч. тр./КПИ. - Кемерово, 1979. -

С. 28-35.

1. Аксильно-поршневой регулируемый гидропривод, /под ред. В.Н. Прокофь­ева. - М.: Машиностроение, 1968. - 496 с.
2. Рогов А.Я., Никитин Ю.А., Коваль Ю.В. К вопросу об экспериментальном определении характеристик гидромоторов: науч. сообщения ИГД им. А.А. Скочинского. - М.: Недра, 1974.-Вып. 122.-С. 130-137.
3. Пинчуг И.С. Переходные процессы в асинхронном двигателе при периоди­ческой нагрузке//Электричество. - 1957. - № 9. - С 112-118.
4. . О динамике головных и хвостовых канатов автоматизированной многока­натной подъемной установки. Колосов J1.B., Резников В.Д., Безпалько В.В. и др //Стальные канаты. - Киев: Техника, 1970. - № 7. - С. 315-320.
5. Борохович А.И., Вагин B.C. Оценка динамических свойств электро - и гид­ромеханических систем проходческого подъема // Металлургическая и гор­норудная промышленность. - 1990. - № 4. - С. 47-49.
6. Квартальное Б.В. Динамика электроприводов с упругими связями. - М.; Л.: Энергия, 1965. - 88 с.
7. Столярчук В.Ф. Динамика вертикального подъема. - Львов: Изд - Львов, ун-та, 1965.-С. 15-18.
8. Копылов И.П., Мамедов Ф.А., Беспалов В.Я. Математическое моделирова­ние асинхронных машин. - М.: Энергия, 1969. - 97 с.
9. Электромагнитные переходные процессы в асинхронном электроприво­де/Соколов М.М., Петров Л.П., Масадилов Л.Б., Ладензон В.А. — М.: Энер­гия, 1967. - 201 с.
10. Мартынов М.В., Переслегин Н.Г. Автоматизированный электропривод в горный промышленности. - М.: Недра, 1969. - 413 с.
11. Вагин B.C., БороховичА.И. Методика динамического расчета гидравличе­ского привода передвижных проходческих подъемных машин // Депониро­ванные науч. работы. Ежемесячный библ. Указатель ВИНИТИ. - М., 1988. -№2(196).-61 с.
12. Борохович А.И., Вагин B.C. Влияние системы привода на динамику про­ходческих подъемных установок // Динамические процессы в горных ма­шинах и стационарных установках: Материалы 1-ой Всесоюзной науч. техн. конф - Тбилиси, 1989. - С.81-85.
13. Мак-Кракен Д., Дорн У. Численные методы и программирование на Форт­ране. - М.: Мир, 1977. - 584 с.
14. Пакет научных подпрограмм//Математическое обеспечение ЕС ЭВМ. - Минск: Ин-т математики АН БССР. - 1973. - Вып. 1-10. -Ч. 1-6. - 664 с.
15. Бубликов Е.В., Докукин А.В. Подъемные установки в шахтном строитель­стве. - М.: Госгортехиздат, 1960. - 259 с.
16. Выбор оборудования при проведении горных выработок: справ, пособие. - М.: Недра, 1970.-352 с.
17. Нестеров П.П., Федорова З.М., Зелинский В.М. Проходческие подъемные установки. - Киев: Гостехиздат УССР, 1963. - 312 с.
18. Гидромотор ДП510И. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ДП5Ю.ОООИ.ТО. - Горловка: ГМЗ, 1975. - 16 с.
19. Насос радиально-плунжерный НП-120. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. - Горловка: ГМЗ, 1975. - 14 с.
20. Временные нормы технологического проектирования проходки стволов с использованием передвижного проходческого оборудования. Проходческий подъем. РТМ 12.58.010.-82. - Донецк: Минуглепром СССР, 1982. -42 с.
21. Тарасов А.М., Федоров Е.М., Беленцов Е.Н. Выбор ряда бадей и подъемных машин для проходки.стволов //Шахтное строительство. - 1987. - № 1. - С. 12-15.
22. Тюркян Р.А., Третьяк П.Е. Разработка и внедрение экономического паспор­та для оперативного нормирования и оценки фактических расходов при со­оружении стволов в тресте Донецкшахтопроходка.//Шахтное строитель­ство. - 1972. Вып. 6. - С. 3-11.
23. Проетирование организации строительства угольных шахт / Станченко И.К., Петренко Е.В., Свирский Ю.И. и др. - М.: Недра, 1979. - 366 с.
24. Строительные нормы и правила 1-6.82. Сборники расценок на монтаж оборудования. Сб. 3. Подъемно-транспортное оборудование. - М.: Стройи- здат, 1983. - 120 с.
25. Пшеничный А.А. Скоростное строительство глубоких шахт Донбасса //Уголь. - 1979.-№8.-С 31-35.
26. Вагин B.C., Курочкин А.И. Демпфирование динамических нагрузок пере­движных проходческих подъемных установок с безредукторным высоко- моментным гидроприводом. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2013. - № 2. - С. 12-15.
27. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро - и пневмосистем: учебник для вузов.- М.Машиностроение, 1987. - 464 с.
28. Вагин B.C. Гидромеханическая следящая система управления безредуктор­ным гидроприводом проходческого подъема // Горное оборудование и электромеханика. - 2013. - № 7. - С.21-26.
29. Проектирование следящих гидравлических приводов летательных аппара­тов / А.И. Баженов, Н.С. Гамынин, В.И. Карев; под ред. Н.С. Гамынина. - М.: Машиностроение, 1981.-312 с.
30. Вагин B.C., Курочкин А.И. Коррекция функциональной динамичности пе­редвижных проходческих подъемных установок с безредукторным гидро­приводом // Современные проблемы науки и образования. Приложение «Технические науки». № 6 М.: Академия естествознания - 2013.
31. Смирнова В.И., Петров Ю.А., Разинцев В.И. Основы проектирования и расчета следящих систем. - М.: Машиностроение, 1983 - 296 с.
32. Кантович Л.И., Вагин B.C. Влияние системы привода на динамические нагрузки передвижных проходческих подъемных установок // Горное оборудование и электромеханика - 2012 № 6. С 26-33.
33. Вагин B.C. Сравнительный анализ динамики передвижных проходческих подъемных установок с асинхронным редукторным и безредукторным гид­равлическим приводами // Перспективы развития горно-транспортного оборудования: П26 Сборник статей - 2012 г. Отдельный выпуск Горного информационного аналитического бюллетеня. С. 63-67.
34. Вагин B.C. Сравнительная оценка динамики передвижных проходческих подъемных установок оснащенных тиристорным постоянного тока и гид­равлическим приводами // Перспективы развития горно-транспортного оборудования: П26 Сборник статей - 2012 г. Отдельный выпуск Горного информационного аналитического бюллетеня. С. 77-83.
35. Борохович А.И., Вагин B.C. Уравнения динамики передвижных проходче­ских подъемных установок с безредукторным гидроэлектроприводом // Изв. Вузов. Горный журнал . - 1989. - № 4.- С. 92 - 96..
36. Вагин B.C. Технико-экономическая эффективность применения передвиж­ных проходческих подъемных установок с безредукторным гидравличе­ским приводом при проходке вертикальных стволов стоящихся шахт //Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова-2012. -№ 1-С. 10-12.
37. Вагин B.C. Динамика проходческой подъемной установки с безредуктор­ным гидравлическим приводом // Перспективы развития горно­транспортного оборудования: сборник статей. Отдельный выпуск № 2 Гор­ного информационного аналитического бюллетеня. - 2012 - С. 68-76.
38. Вагин B.C., Курочкин А.И. Динамика одноконцевого проходческого подъ­ема //Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2012. - № 9 - С. 232-238.
39. Вагин B.C., Филатов А.М., Курочкин А.И. Коррекция динамических нагру­зок в передвижных проходческих с безредукторным гидроприводом // Гор- ный информационно-аналитический бюллетень. - 2014. - № 6 - С. 234-238.
40. Вагин B.C. Безредукторный высокомоментный гидравлический привод пе­редвижных проходческих подъемных установок. - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск / гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. - 149 с.
41. Вагин B.C., Филатов A.M., Курочкин А.И. Снижение динамичности пере­движных проходческих подъемных установок с безредукторным гидропри­водом // Вестник Магнитогорского государственного технического уни­верситета им. Г.И. Носова - 2014. - № 3 - С. 25-29.
42. Вагин B.C., Курочкин А.И., Миков А.Ю., Кольга А.Д. Свидетельство о гос. регистрации № 2014611900. Б ПБТ. Заявка № 2013661696 16.12 2013. Дата гос. регистрации в Реестре программ для ЭВМ 13.02.2014. - С. 1.