

РАЗДЕЛ IV

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004.421:658.512.2:681.587.34

АЛГОРИТМ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОПРИВОДА РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

Ю.Е. Ионова

Омский государственный технический университет (ОмГТУ), Россия, г. Омск.

Аннотация. Гидропривод рулевого управления колесной машины рассмотрен как пример следящего привода. Приведен принцип работы гидропривода рулевого управления колесной машины. Обоснованы геометрические параметры гидрораспределителя. Отверстия гидромоторного ряда рассмотрены с точек зрения геометрических размеров и гидравлических характеристик. Составлена методика расчета рациональных геометрических параметров гидрораспределителя. Приведен алгоритм выбора основных параметров гидропривода рулевого управления.

Ключевые слова: гидропривод рулевого управления, исполнительный гидроцилиндр, гидромотор обратной связи, гидрораспределитель, методика расчета, алгоритм, следящий привод.

Введение

Следящий привод, независимо от его отраслевой принадлежности и назначения, характеризуется его динамическими характеристиками. Актуальной проблемой является разработка системы автоматизированного проектирования, базирующаяся на совершенных моделях функционирования и технического состояния объекта.

Принцип работы гидропривода рулевого управления колесной машины.

Типичным представителем следящего гидропривода (регулируемый гидропривод, закон движения выходного звена которого изменяется в зависимости от управляющего воздействия) является гидропривод рулевого управления колесной машины. Принцип работы гидропривода рулевого управления рассмотрен на основе гидравлической принципиальной схемы, представленной на рисунке 1. С рулевым колесом 5 и гидромотором обратной связи 3 который кинематически связан с шестилинейным трехпозиционный распределителем 4 следящего действия, который в свою очередь линиями a и c связан с исполнительным гидроцилиндром 6, линией b – с гидробаком 1, линиями d и f - с гидромотором обратной связи 3, линией e - с питающим насосом 2 [1,2,3,4].

Известно, что гидравлический исполнительных механизм является астатической системой, что создает определенные трудности в управлении. В связи с этим в большинстве известных следящих гидроприводах используется принцип жесткой отрицательной обратной связи, когда астатическое звено охватывается дополнительным контуром отрицательной обратной связи. Не исключением является гидравлический рулевой механизм, в котором исполнительным элементом является гидроцилиндр, а роль элемента жесткой отрицательной обратной связи выполняет гидромотор отрицательной обратной связи (насос-дозатор) [5].

Основным задающим элементом является золотниковый гидрораспределитель вращательного типа, обеспечивающий оптимальное соотношение компактности и технологической простоты изготовления. В рулевом механизме он представлен цилиндрическим золотником, состоящим из гильзы и золотника. При повороте рулевого колеса золотник смещается на угол $\varphi(t)$, открывая окна гидромоторного ряда. При этом жидкость, проходя через гидромотор обратной связи, поступает в исполнительный гидроцилиндр. Гидромотор смещает гильзу гидрораспределителя на угол $\varphi_{oc}(t)$, тем самым регулируя площади проходных

сечений каналов гидрораспределителя S и, как следствие, расход рабочей жидкости Q на выходе из рулевого механизма (рисунок 2) [6].

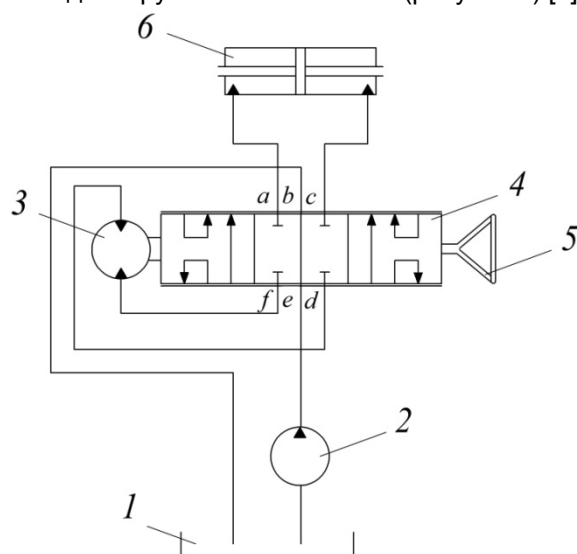


Рис. 1. Схема гидравлическая принципиальная гидропривода рулевого управления

Геометрические параметры гидрораспределителя рулевого управления.

От качества исполнения вращающегося гидрораспределителя, его геометрических параметров во многом зависит качество управления машиной в целом. Именно гидрораспределитель в основном определяет динамические свойства рулевого механизма.

Как и в любом гидрораспределителе важными геометрическими параметрами являются: диаметр золотника, площадь расходных окон, их форма, величина перекрытия, они во многом определяют запаздывание гидропривода в целом.

В работе представлена методика расчета рациональных параметров золотниковой пары вращающегося гидрораспределителя. На расход рабочей жидкости влияет площадь проходных сечений каналов гидромоторного ряда, которая в свою очередь зависит от конструктивного исполнения каналов в гильзе и золотнике. На основе анализа было выявлено, что наилучшая нелинейная характеристика получается при выполнении каналов гидромоторного ряда в гильзе в виде отверстий, в золотнике в виде проточек. К исследуемым в работе параметрам гидрораспределителя относятся: d - диаметр отверстия, D - диаметр окружности

сопряжения; n - число отверстий, ширина проточки в золотнике равна диаметру отверстия (рис. 2).

Для каждой совокупности исследуемых параметров имеет место результирующий - ширина зоны нечувствительности φ , она определяет быстродействие отклика колес на задающее воздействие от рулевого колеса.

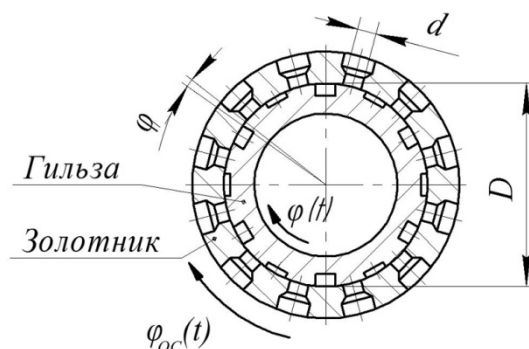


Рис. 2. Сечение золотникового гидрораспределителя

Динамические характеристики рулевого управления.

Гидропривод рулевого управления - сложная динамическая система. Выходные параметры предыдущих элементов являются входными для последующих, на элементы действуют внешние возмущающие и управляющие воздействия. Для описания системы в целом была проведена декомпозиция системы и описан каждый из составляющих ее элементов совокупностью дифференциальных уравнений. Математическое моделирование системы проводилось с помощью программы MATLAB.

Для определения качественных и количественных характеристик были получены переходные процессы изменения расхода жидкости, давления (рис. 3,а) и скорости и перемещения штока гидроцилиндра (рис. 3,б) при различных значениях варьируемых параметров гидрораспределителя. Устойчивость системы была установлена с использованием метода фазовых траекторий. Качество переходных процессов определялось колебательностью и перерегулированием. По результатам исследований был сделан вывод, что система устойчива, колебательность и перерегулирование равны нулю [7,8].

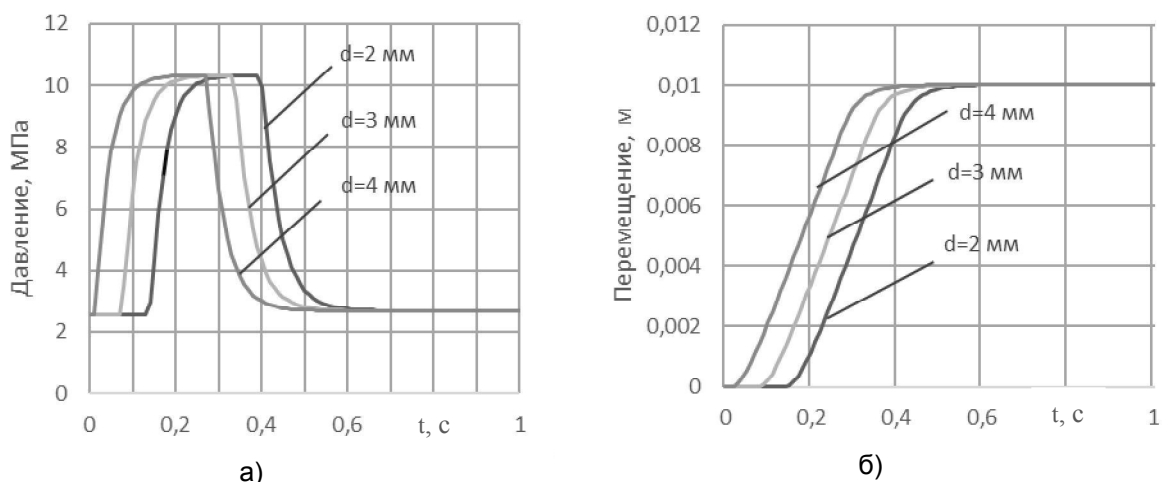


Рис. 3. Динамические характеристики рулевого управления: а) изменение давления на выходе из гидрораспределителя, б) перемещение штока гидроцилиндра

Методика расчета рационального значения диаметра отверстий гидромоторного ряда.

Время запаздывания гидропривода рулевого управления влияет на быстроту отклика колес машины на задающее воздействие от рулевого колеса. Время запаздывания зависит от ширины зоны нечувствительности. По результатам анализа [8] в качестве критерия эффективности было выбрано время запаздывания τ , целевая функция $\varphi_1(n,d,D) \rightarrow \varphi_{1min}$. Для разгрузки от одностороннего давления рабочей жидкости число отверстий необходимо выбирать четным и более 4. На изделия накладываются технологические ограничения $d \geq 3$ мм. Диаметры окружности сопряжения D варьировались в пределах от 22 до 42 мм.

При расчете гидропривода основное внимание уделяют расчету параметров исполнительных гидроцилиндров, подачи насоса и насосу-дозатору. Гидропривод должен обеспечивать следующие выходные параметры [5]: максимальный момент или сила, создаваемые исполнительным гидроцилиндром; наибольший угол поворота управляемых колес; минимальное время поворота колес.

В работе в дополнении к рассматриваемым параметрам изучено влияние конструктивного исполнения некоторых элементов гидрораспределителя. Гидрораспределитель по своей сути является регулируемым дросселем, проходное сечение которого определяется взаимным положением гильзы и золотника. Разработана методика, в которой расчет диаметров отверстий гидромоторного ряда

гидрораспределителя рассмотрен с двух позиций: с точки зрения геометрических размеров и с точки зрения гидравлических характеристик.

С геометрической точки зрения диаметр отверстия d - это хорда окружности сопряжения гильзы и золотника. Для ее расчета необходимо знать диаметр окружности сопряжения D , число отверстий и проточек и ширину зоны нечувствительности φ [9]:

$$d_{\text{ГЕОМ}} = D \sin \left(\frac{180 (\pi D - n\varphi)}{2\pi D} \right). \quad (1)$$

С точки зрения гидравлики диаметр отверстия рассчитывался из уравнения расхода через дроссель [9]:

$$d_{\text{ГИДР}} = \sqrt{\frac{4Q}{\mu n \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p}}} \quad (2)$$

где d - диаметр отверстия, Q - расход жидкости, μ - коэффициент расхода, ρ - плотность жидкости, Δp - перепад давления, n - число отверстий.

На рисунке 4 представлен пример расчета рационального значения диаметра отверстия гидромоторного ряда, представлена гидравлическая кривая, три геометрические с разной шириной зоны нечувствительности (1, 2, 3 мм), наложено технологическое ограничение $d \geq 3$ мм. На пересечении кривой гидравлической зависимости с кривыми геометрической зависимости определяем рациональное значение, для заданных требований оно равно 3,5 мм, число отверстий равно 12.

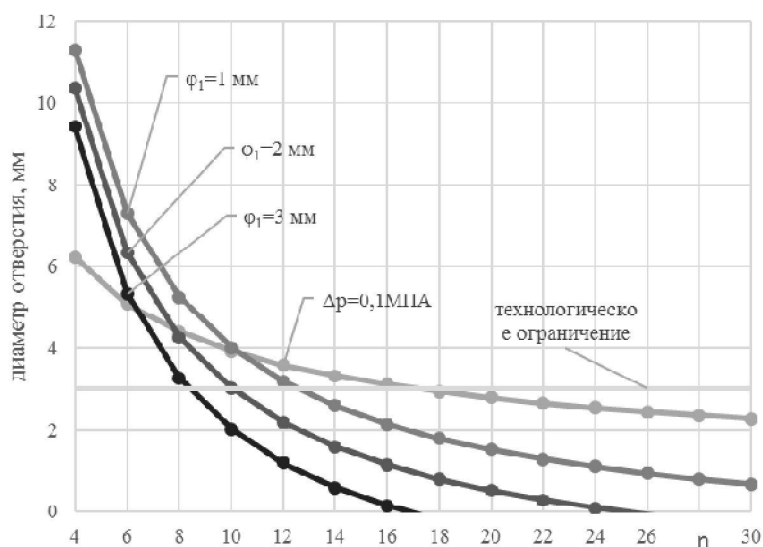


Рис. 4. Пример расчета рационального значения диаметра отверстия гидромоторного ряда гидрораспределителя

Алгоритм системы автоматизации проектирования основных параметров гидропривода рулевого управления.

В настоящее время расчет параметров гидропривода осуществляется на основе инженерного опыта конструкторов, отсутствуют научно обоснованные методики выбора параметров гидропривода рулевого управления. Разработка системы автоматизации проектирования основных параметров гидропривода рулевого управления является актуальной задачей. Структура алгоритма методики представлена на рисунке 5. Для работы алгоритма необходимо ввести исходные данные [9,10, 11, 12, 13]:

- p – давление в гидросистеме;
- Δp – перепад давления в гидрораспределителе;
- F – сила на штоке гидроцилиндра;
- H – ход штока гидроцилиндра;
- η_r – КПД гидравлический;
- η_m – КПД механический;
- $\eta_{об}$ – КПД объемный;
- $n_{ГМ}$ – частота вращения вала гидромотора обратной связи;
- n_H – частота вращения вала гидронасоса;
- D – диаметр окружности сопряжения;
- n – число отверстий гидромоторного ряда;
- ϕ – ширину зоны нечувствительности;
- μ – коэффициент расхода;
- ρ – плотность жидкости.

Первоначально $D = 22$ мм, $\phi = 1$ мм. Последовательно проводится расчет параметров гидроцилиндра и выбор рационального гидроцилиндра из базы данных по диаметру поршня, диаметру штока и ходу штока, расчет параметров гидромотора обратной связи и питающего насоса и их выбор из баз данных по рабочим объемам. По формулам (1) и (2) проводится расчет диаметров отверстий гидромоторного ряда и выбор его рационального значения.

Заключение

Использование методики позволяет по заданным требованиям рассчитать рациональную конструкцию гидрораспределителя, подобрать элементы гидропривода рулевого управления. Разработанная методика может служить базой для компоновки гидропривода рулевого управления с целью улучшения его динамических характеристик.

Выявленные функциональные зависимости, характеризующие влияние геометрических параметров гидрораспределителя рулевого управления, отражают общие закономерности следящих приводов в различных отраслях техники. Предложенная методика позволяет рассчитать рациональные параметры цилиндрических гидрораспределителей рулевого механизма колесных машин, может быть применена при разработке гидроприводов в других отраслях техники.

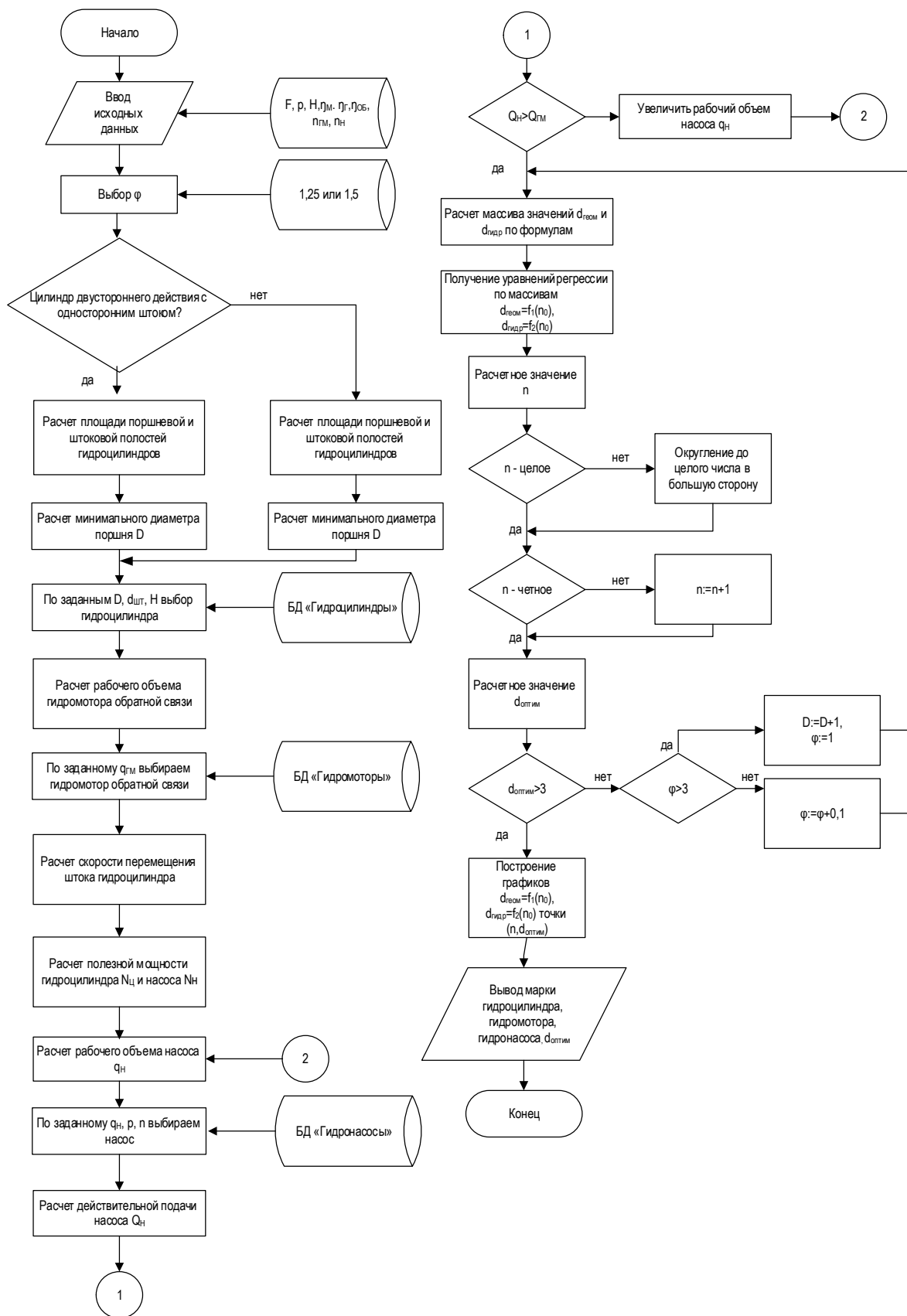


Рис. 5. Блок-схема алгоритм системы автоматизации проектирования основных параметров рулевого управления автогрейдера

Библиографический список

1. Щербаков, В.С. Совершенствование объемных гидроприводов рулевого управления дорожно-строительных машин: монография / В.С. Щербаков, Ш.К. Мукушев, А.В. Жданов. – Омск: СибАДИ, 2011. – 162 с.
2. Щербаков, В.С. Оптимизация конструктивных параметров гидравлических рулевых механизмов строительных и дорожных машин: монография / В.С. Щербаков, А.В. Жданов. – Омск: СибАДИ, 2010. – 176 с.
3. Галдин, Н.С. Основы гидравлики и гидропривода: учеб. пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – 145 с.
4. Меркушева Ю.Е. Расчетные схемы гидросистемы рулевого управления / Ю.Е. Меркушева // Омский научный вестник. – 2014. – № 1 (127). – С. 138–140.
5. Машиностроение: энциклопедия в 40 т. Т. IV-9. Строительные, дорожные и коммунальные машины. Оборудование для производства строительных материалов; отв. ред. К.С. Колесников. – М.: Машиностроение, 2005. – 736 с.
6. Щербаков, В.С. Автоматизация проектирования гидроприводов рулевого управления колесных машин: монография / В.С. Щербаков, А.В. Жданов, В.В. Меньков. – Омск: СибАДИ, 2012. – 153 с.
7. Жданов, А.В. Теоретические исследования рабочих процессов, протекающих в распределителях гидравлических рулевых механизмов / А.В. Жданов, Ю.Е. Меркушева // Омский научный вестник. – 2013. – № 1 (117). – С. 88–91.
8. Меркушева, Ю.Е. Связь основных параметров гидрораспределителей рулевых механизмов / Ю.Е. Меркушева, В.С. Щербаков // Вестник ТОГУ. – №1 (32). – С. 125–138.
9. Ионова, Ю.Е. Синтез основных параметров гидропривода рулевого управления автогрейдером / Ю.Е. Ионова // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность! сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции, Омск, ОмГТУ, 2015. – С. 92–97.
10. Галдин, Н.С. Элементы объемных гидроприводов мобильных машин. Справочные материалы: учебное пособие / Н.С. Галдин. – Омск: СибАДИ, 2005. – 127 с.
11. Меркушева, Ю.Е. Алгоритм оптимизации основных геометрических параметров гидрораспределителя рулевого управления автогрейдером / Ю.Е. Меркушева // Фундаментальные и прикладные науки - основа современной инновационной системы материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. – Омск: СибАДИ, 2015. – С.358–361.
12. Меркушева Ю.Е., Щербаков В.С. Электронный ресурс Алгоритм Расчет оптимальных параметров гидрораспределителя рулевого механизма: свидетельство о регистрации электронного ресурса ОФЭРНиО №20773 / Ю.Е. Меркушева, В.С. Щербаков. Инв. номер ВНТИЦ 502015550050; заявл. 20.01.2015; опублик. 11.02.2015.
13. Меркушева Ю.Е., Щербаков В.С. Электронный ресурс Алгоритм синтез гидропривода рулевого управления автогрейдером: свидетельство о регистрации электронного ресурса ОФЭРНиО №20929. / Ю.Е. Меркушева, В.С. Щербаков. Инв. номер ВНТИЦ 50201550222; заявл. 01.04.2015; опублик. 25.05.2015.

CAD ALGORITHM OF THE BASIC PARAMETERS OF THE STEERING HYDRAULIC DRIVE

Yu.E. Ionova

Abstract. Work of steering hydraulic drive wheel car is considered. The geometric parameters of hydraulic control valve are justified. Hydromotor's holes is considered in terms of geometric dimensions and hydraulic characteristics. The technique of choice the basic elements of the hydraulic drive is provided. An algorithm of choice of the geometric parameters of the control valve is made.

Keywords: hydraulic steering, executive cylinder, motor feedback, hydraulic control valve, the technique of choice, algorithm, servo drive.

References

1. Shherbakov V.S., Zhdanov A.V. *Sovershenstvovanie ob'emnykh gidroprivodov rulevogo upravlenija dorozhno-stroitel'nykh mashin: monografija* [Improving the volume steering hydraulic drives road-building machines: monograph]. Омск, SibADI, 2011. 162 p.
2. Shherbakov V.S., Zhdanov A.V. *Optimizacija konstruktivnykh parametrov gidravlicheskih rulevykh mehanizmov stroitel'nykh i dorozhnykh mashin: monografija* [Optimization of design parameters of the hydraulic steering mechanisms of building and road machines: monograph]. Омск, SibADI, 2010. 176 p.
3. Galdin N.S. *Osnovy gidravliki i gidroprivoda: uch. posobie* [Fundamentals of hydraulics and hydraulic drive: a manual] Омск, SibADI, 2006, 145 p.
4. Merkusheva Ju.E. Calculation schemes of steering hydraulic system. *Omskij nauchnyj vestnik*, 2014, no. 1 (127). pp 138–140.
5. *Mashinostroenie: jenciklopedija v 40 t. T. IV-9. Stroitel'nye, dorozhnye i kommunal'nye mashiny. Oborudovanie dlja proizvodstva stroitel'nykh materialov* [Mechanical engineering: Encyclopedia in 40 volumes. Vol. IV-9. Construction, road and municipal machines. Equipment for the production of building materials]. Moscow, Mashinostroenie, 2005, 736 p.
6. Shherbakov V.S., Zhdanov A.V., Men'kov V.V. *Avtomatizacija proektirovanija gidroprivodov rulevogo upravlenija kolesnykh mashin: monografija* [CAD of the hydraulic drives steering control of wheel machines: a monograph]. Омск, SibADI, 2012, 153 p.
7. Zhdanov A.V., Merkusheva Ju.E. Theoretical studies of working processes occurring in distributors hydraulic steering gears. *Omskij nauchnyj vestnik*, 2013, no. 1 (117). pp 88–91.

8. Merkusheva Ju.E., Shherbakov V.S. Contact the basic parameters of control valves steering mechanisms. *Vestnik TOGU*, no. 1 (32), pp. 125–138.

9. Ionova Ju.E. Synthesis of the main parameters of the steering hydraulic drive motor grader. *Rossija molodaja: peredovye tehnologii – v promyshlennost'! sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii*. Omsk, OmSTU, 2015, pp. 92-97.

10. Galdin N.S. *Jelementy o'emnyh gidroprivodov mobil'nyh mashin. Spravochnye materialy: uchebnoe posobie* [Elements of volumetric hydraulic drives of mobile machines. Reference material: a tutorial]. Omsk, SibADI, 2005, 127 p.

11. Merkusheva Ju.E. Algorithm optimization of the basic geometric parameters of the steering control valve motor grader. *Fundamental'nye i prikladnye nauki - osnova sovremennoj innovacionnoj sistemy materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchjonyh*. Omsk, SibADI, 2015, pp.358-361.

12. Shherbakov V.S., Merkusheva Ju.E. *Jelektronnyj resurs «Algoritm «raschet optimal'nyh parametrov gidroraspredeitelja rulevogo mehanizma»*. No. 20773. INIPI RAO, OFJeRNiOb 2015.

13. Shherbakov V.S., Merkusheva Ju.E. *Jelektronnyj resurs «Algoritm «sintez gidroprivoda rulevogo upravlenija avtogrejderom»*. No. 20929. INIPI RAO, OFJeRNiOb 2015.

Ионова Юлия Евгеньевна (Омск, Россия) – преподаватель кафедры «Инженерная геометрия и САПР» ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет» (644080 г. Омск, пр. Мира, 11, e-mail: juliqmer@gmail.com).

Yulia E. Ionova (Omsk, Russian Federation) – lecturer department of Engineering geometry and CAD, Omsk State Technical University (644080, Mira, 11 prospect, Omsk, e-mail: juliqmer@gmail.com).

УДК 519.612:519.652

ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ «МЕТОДИКИ СДВИГА» ПРИ ИНТЕРПОЛЯЦИИ КУБИЧЕСКИМИ СПЛАЙНАМИ

В.А. Федорук

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, Омск.

Аннотация. В данной статье предлагается при обработке экспериментальных данных с помощью интерполяции кубическими сплайнами использовать «методику сдвига», основанную на сдвиге точек сшива фрагментов кубических парабол относительно узлов интерполирования, привязанных к экспериментальным данным. Для проверки данной методики в качестве эталонной (тестовой) кривой было выбрано распределение Гаусса или нормальное распределение. Полученные расчётные данные хорошо согласуются с нормальным распределением в пределах погрешности, внесённой в тестовую кривую.

Ключевые слова: экспериментальные данные, интерполяция, кубические сплайны, узлы интерполирования.

Введение

Интерполяция кубическими сплайнами [1-3], широко применяемых на практике для обработки экспериментальных данных, реализована в таких математических пакетах как MathCAD, MATLAB, Maple [4]. В этих пакетах при интерполяции кубическими сплайнами построение сплайна осуществляется с помощью фрагментов кубических парабол со сшивкой в точках, соответствующих экспериментальным (табличным) данным. Такая «жёсткая» привязка узлов интерполирования к экспериментальным данным, которые получены с определённой погрешностью, не позволяет построить нужную кривую. В принципе, решение такой проблемы общеизвестно [3], а сам подход построения

сплайнов основывается на идее регуляризации. Более гладкие аппроксимирующие кривые позволяют получить сглаживающие сплайны [5], (проходят вблизи значений функции, отклонения определяются заданными определённым образом весовыми коэффициентами). Построение таких сплайнов является задачей нелинейного программирования и реализуется с помощью численных методов [1-3]. В обоих случаях рассматривают задачу безусловной минимизации соответствующего функционала (функции). В работе [6] предлагается аппроксимировать опытные данные сплайном по методу наименьших квадратов.