

ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ОДНООСЕВОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРИВОДА МЕХАТРОННОГО РЫБОРАЗДЕЛОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

К.В. Бабарыкин, МИП ООО «Мехатроника», ведущий инженер,

bakosvi@gmail.com

А.Е. Ерыванов, аспирант,

anatoliy.eryvanov@klgtu.ru

Н.В. Самойлова, аспирантка,

procyon@mail.ru

О.В. Агеев, канд. техн. наук, доцент,

oleg.ageev@klgtu.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Показана актуальность математического моделирования исполнительного привода мехатронного оборудования. Приведена обобщенная структурная схема мехатронной машины. Предложена упрощенная математическая модель одноосевого исполнительного привода мехатронной рыбообделочной машины, показана ее структура. Приведены аналитические выражения для передаточных функций модели. Для описания механической части привода принята двухмассовая модель, учитывающая упругую связь вала электродвигателя и рабочего органа.

мехатроника, привод, электродвигатель, модель, контур, управление, машина

Для достижения рыбообделочным оборудованием уровня мировых образцов недостаточно повышать степень автоматизации существующих конструкций за счет дополнительной установки датчиков, электромеханических исполнительных механизмов и локальных электронных управляющих блоков. Это приводит к увеличению стоимости и громоздкости машин, в то время как показатели точности и экономичности обработки рыбы улучшатся незначительно, а надежность машин может снизиться [1].

Решение данной проблемы становится реальным благодаря современным достижениям мехатроники. Технологическое оборудование должно разрабатываться как мехатронная техническая система. Появляется возможность применения в рыбообделочном оборудовании серийных мехатронных модулей движения, а в дальнейшем – интеллектуальных модулей. Это создает предпосылки для существенного упрощения кинематических схем оборудования, повышения уровня унификации, улучшения ремонтпригодности, увеличения надежности без снижения функциональной нагрузки [2]. На рис. 1 приведена обобщенная структурная схема мехатронной машины.

С учётом наличия серийно выпускаемых приводов для построения мехатронного рыбообделочного оборудования целесообразно использовать электромеханические исполнительные приводы [3].

Электромеханический привод должен применяться в тех случаях, когда требуется плавность движения при сравнительно невысоких значениях предельной нагрузки и моментов вращения. При совместной работе нескольких приводов нагрузка на каждый из них снижается. Точность позиционирования рабочих органов обеспечивается с помощью микроЭВМ. В связи с этим, становится актуальной задача математического моделирования одноосевого исполнительного привода для инженерного расчета его основных параметров.

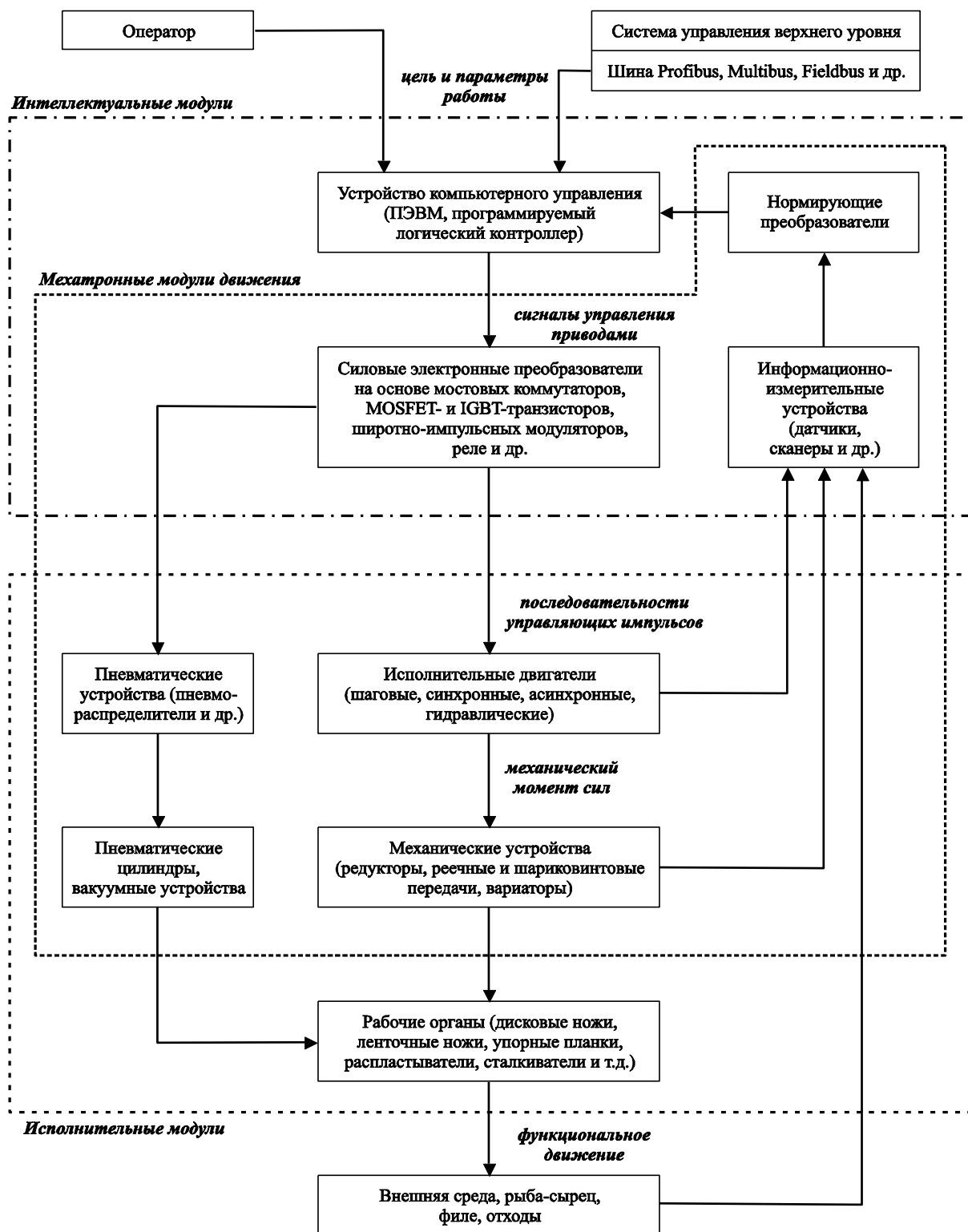


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема мехатронной машины

Одноосевой исполнительный привод мехатронной машины включает замкнутую систему автоматического управления (САУ) и электродвигатель, вал которого связан с нагрузкой (рабочим органом машины). Функции САУ реализуют блок управления, построенный на основе быстродействующей микроЭВМ и связанный с датчиками положения, скорости и тока.

Определение основных параметров настройки блока управления, таких как коэффициент усиления контура позиционирования K_p , коэффициент усиления контура управления скоростью K_v , становится возможным при наличии математической модели привода.

Поскольку полное описание структуры привода предполагает использование уравнений высокого порядка для учета всех факторов, предлагается строить упрощенную модель четвертого порядка без учета обратной связи по току электродвигателя, а также свойств инвертора и усилителя мощности.

Модель четвертого порядка отражает зависимость выходного сигнала (угла поворота вала рабочего органа) одноосевого исполнительного привода рыбозабойной машины от входного воздействия. На рис. 2 показана структурная модель исполнительного привода, учитывающая передаточные функции блока управления и механической нагрузки, включающей электродвигатель и рабочий орган. При этом механическая часть привода представлена двухмассовой моделью.

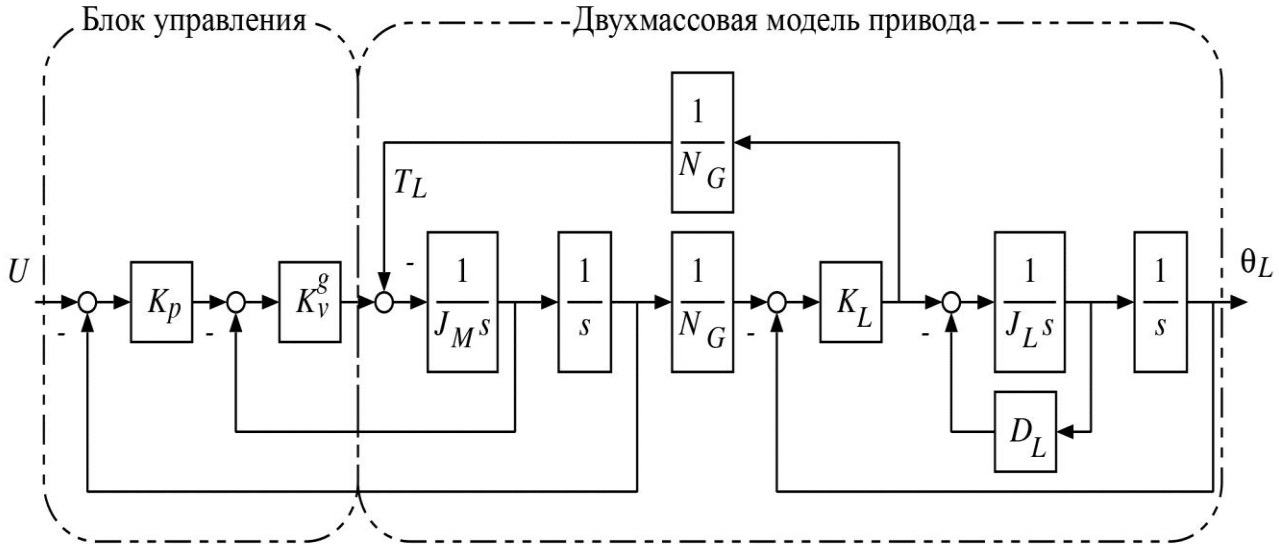


Рисунок 2 – Структурная модель одноосевого исполнительного привода

Блок управления (рис. 2) реализует пропорциональный закон управления и включает регулятор положения и регулятор скорости. Для описания механических характеристик электродвигателя и нагрузки принята двухмассовая модель. Предполагается, что вал электродвигателя и исполнительный вал рабочего органа (нагрузки) упруго связаны. Уравнения движения включают момент инерции электродвигателя J_M , угол поворота вала электродвигателя θ_M , угол поворота вала рабочего органа θ_L , момент инерции нагрузки J_L , коэффициент вязкого трения D_L , коэффициент упругости K_L механической передачи, соединяющей нагрузку и вал электродвигателя, передаточное число N_G , момент вращения T_M , создаваемый электродвигателем.

$$J_M \frac{d^2 \theta_M(t)}{dt^2} = T_M(t) - T_L(t); \quad (1)$$

$$J_L \frac{d^2 \theta_L(t)}{dt^2} = N_G T_L(t) - D_L \frac{d \theta_L(t)}{dt}; \quad (2)$$

$$T_L(t) = \frac{K_L (\theta_M(t) - N_G \theta_L(t))}{N_G^2}, \quad (3)$$

где $T_L(t)$ в (3) – реактивная сила, приложенная к валу двигателя со стороны нагрузки. Сила трения в электродвигателе не учитывается, поскольку считается малой.

Применим к уравнениям (1) и (2) преобразование Лапласа, в результате чего передаточная функция двухмассовой модели примет следующий вид:

$$\theta_M(t) = \frac{T_M(s) - T_L(s)}{J_M s^2} ; \quad (4)$$

$$\theta_L(s) = \frac{N_G}{J_L s^2 + D_L s} T_L(s) ; \quad (5)$$

$$T_L(s) = \frac{K_L}{N_G^2 (\theta_M(s) - N_G \theta_L(s))} . \quad (6)$$

Поскольку в блоке управления реализован пропорциональный закон управления, передаточная функция контура управления электродвигателем имеет следующий вид:

$$T_M(s) = K_v^g [K_p \{U(s) - \theta_M(s)\} - s \theta_M(s)] , \quad (7)$$

где $T_M(s)$ – момент вращения, создаваемый электродвигателем.

Первая часть выражения (7) отражает передаточную функцию блока управления, вторая – воздействие реактивной силы $T_L(s)$. $U(s)$ – начальный угол поворота вала электродвигателя. K_p – коэффициент усиления контура регулирования положения (позиционирования). K_v^g – коэффициент усиления контура регулирования скорости.

Из (4) – (7) получим общую передаточную функцию, связывающую начальный угол поворота вала электродвигателя $U(s)$ и угол поворота вала рабочего органа $\theta_L(s)$, исключая $\theta_M(s)$, $T_L(s)$, $T_M(s)$, $U(s)$, $\theta_L(s)$, $\theta_M(s)$, $T_L(s)$, $T_M(s)$:

$$G(s) = \frac{a_0}{N_G(s^4 + a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0)} ; \quad (8)$$

$$a_0 = \frac{K_L K_p K_v^g}{J_L J_M} ; \quad (9)$$

$$a_1 = \frac{K_L K_v^g}{J_L J_M} + \frac{D_L K_p K_v^g}{J_L J_M} + \frac{D_L K_L}{N_G^2 J_L J_M} ; \quad (10)$$

$$a_2 = \frac{K_L}{J_L} + \frac{D_L K_v^g}{J_L J_M} + \frac{K_p K_v^g}{J_M} + \frac{K_L}{N_G^2 J_M} ; \quad (11)$$

$$a_3 = \frac{D_L}{J_L} + \frac{K_v^g}{J_M} . \quad (12)$$

Предлагаемая упрощенная модель четвертого порядка может эффективно использоваться при расчете параметров одноосевого исполнительного привода мехатронного рыбо-разделочного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев, О.В. Совершенствование технологического оборудования для первичной обработки рыбы: опыт, проблематика, системный подход: монография / О.В. Агеев, Ю.А. Фатыхов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015. – 261 с.

2. Агеев, О.В. Разработка мехатронного устройства для порционирования рыбных продуктов на основе пространственного механизма параллельной структуры / О.В. Агеев, Ю.А. Фатыхов, К.В. Бабарыкин // Известия КГТУ. – 2015. – № 39. – С. 65–76.

3. Фатыхов, Ю.А. Перспективы применения цифрового электропривода в мехатронном разделочно-филетировочном оборудовании / Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев // Известия КГТУ. – 2012. – № 27. – С. 11–19.

APPROACH TO MODELING OF SINGLE-AXIS ACTUATORS MECHATRONIC FISH PROCESSING EQUIPMENT

K.V. Babarykin, “Mechatronic Ltd”, Lead engineer,
bakosvi@gmail.com,

A.E. Eryvanov, Postgraduate student,
anatoliy.eryvanov@klgtu.ru

N.V. Samojlova, Postgraduate student,
procyon@mail.ru

Ageev O.V., Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
oleg.ageev@mail.ru,

Kaliningrad State Technical University

Actuality of the mathematical modeling of mechatronic actuator equipment is shown. The generalized block diagram of a mechatronic machine is given. A simplified mathematical model of the single-axis actuator mechatronic fish processing machine is proposed and its structure is shown. The analytical expressions for the transfer functions of the model are given. Two-mass model is adopted for a description of the mechanical part of the actuator, which takes into account the elastic connection of the motor shaft and the work tool.

mechatronics, actuator, electric motor, model, contour, control, machine