

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ НАЛОЖЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ГИДРОПРИВОДЕ

## DEVELOPMENT OF THE PROCESS CONTROL SYSTEM OF PRESSURE PRESSURE IN THE HYDRO DRIVE

*Tran Van Hieu*

*Summary.* Castings obtained in the process of injection molding are widely used in machine building, automotive, etc. In the process of injection molding, the task of controlling the dynamics of the hydraulic drive is actually. Currently, the hydraulic control system uses spools, drocelli, which operate on the basis of a change in the flow section of the spool by manual or mechanical action on the spool stem. This leads to a pressure error in the hydraulic cylinder. In this case, there is a need to provide a static and dynamic accuracy of superimposing the pressure in the hydraulic drive. Other words, develop an automatic control system that provides the required pressure value. For the design of this system, it is necessary to develop mathematical models that adequately describe the transient processes that occur during the operation of the hydraulic drive. The nature of the transient is determined by the control system with a PID controller. The simulation model of the feedback control system is developed in the MatLAB & Simulink software environment and it is possible to assess the nature of the control system transient process. The synthesized parameters of the control system model provide the given indicators of the quality of the transient process. The control time is 0.062 s. Transition occurs without overshooting. Simulation of dynamic processes allowed to set the minimum value of the PID-controller response time.

*Keywords:* PID controller, stepper motor, pressure regulator, mathematical model, transfer function, hydraulic drive.

**Чан Ван Хуеу**

*Аспирант, Владимирский государственный университет, г. Владимир  
sevasvn@gmail.com*

*Аннотация.* Отливки, получаемые в процессе литья под давлением, широко применяются в машиностроении, автомобилестроении и т.д. В процессе литья под давлением актуальной является задача управления динамикой гидропривода. В настоящее время в системе управления гидроприводом используются золотники, дроссели, которые работают на основе изменения проходного сечения золотника путем ручного или механического воздействия на шток золотника. Это приводит к ошибке регулирования давления в гидроцилиндре. При этом возникает необходимость обеспечения статической и динамической точности наложения давления в гидроприводе. Иные слова, разработать автоматическую систему управления, обеспечивающую требуемое значение давления. Для проектирования этой системы необходимо разработать математические модели, позволяющие адекватно описывать переходные процессы, возникающие при работе гидропривода. Характер переходного процесса определяется системой управления с ПИД-регулятором. Имитационная модель системы управления с обратной связью разрабатывается в программной среде MatLAB&Simulink и позволяет оценить характер переходного процесса системы управления. Синтезированные параметры модели системы управления обеспечивают заданные показатели качества переходного процесса. Время регулирования составляет 0,062 с. Переходный процесс происходит без перерегулирования. Моделирование динамических процессов позволило установить минимальную величину времени срабатывания ПИД-регулятора.

*Ключевые слова:* ПИД-регулятор, шаговый двигатель, регулятор давления, математическая модель, передаточная функция, гидропривод.

## Введение

**В** работах [1–3], давление рассматривается как фактор, оказывающий значительное влияние на процесс формирования отливок, свойства которых зависят от величины давления и скорости его наложения в процессе кристаллизации. Недостатком гидропривода является возникновение ошибки регулирования. При этом возникает необходимость обеспечения статической и динамической точности наложения давления в гидроприводе.

Для проектирования системы управления наложением давления необходимо разработать математические модели системы, позволяющие адекватно описывать переходные процессы, возникающие в ее работе. Однако разработать управляющую часть с ПИД-регулятором [4,5] для управления процессом наложения давления.

## Цель работы

Параметрический синтез регулятора системы управления.

## Методы и результаты исследований

Объектом исследования выбран процесс наложения давления.

Принципиальная схема работы привода приведена на рис. 1.

Привод состоит из ЭВМ, ПИД-регулятора, шагового двигателя (ШД), регулятора давления (РД), датчика давления (ДД). Работа привода осуществляется за счет сигналов, поступающих с датчика давления в ЭВМ, в которой на основании заданного давления

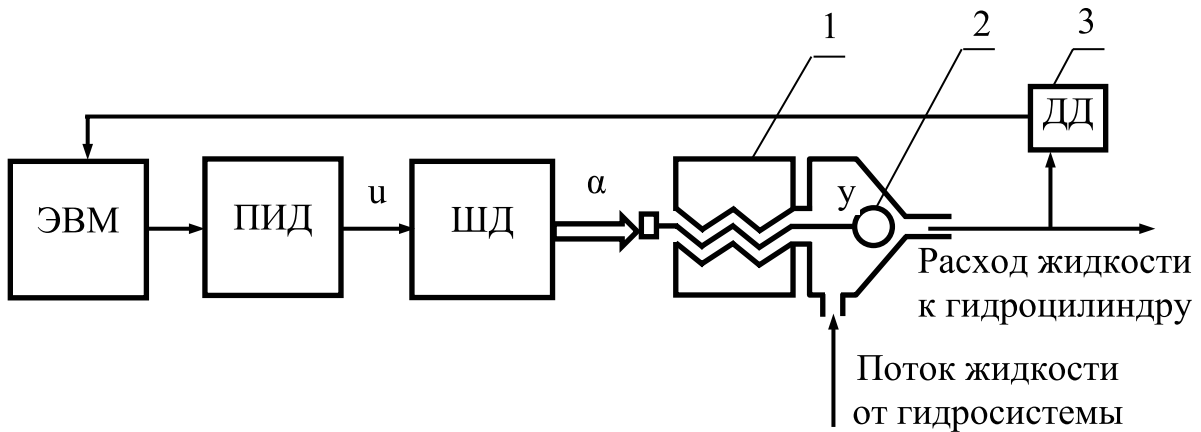


Рис. 1. Принципиальная схема работы привода регулятора давления.  
 1 — регулятор давления (РД); 2 — активный элемент; 3 — датчик давления (ДД); ЭВМ — компьютер;  
 ПИД — регулятор; ШД — двигатель;  $u$  — управляющий сигнал;  $\alpha$  — угол вращения штока ШД;  
 $y$  — движение активного элемента.

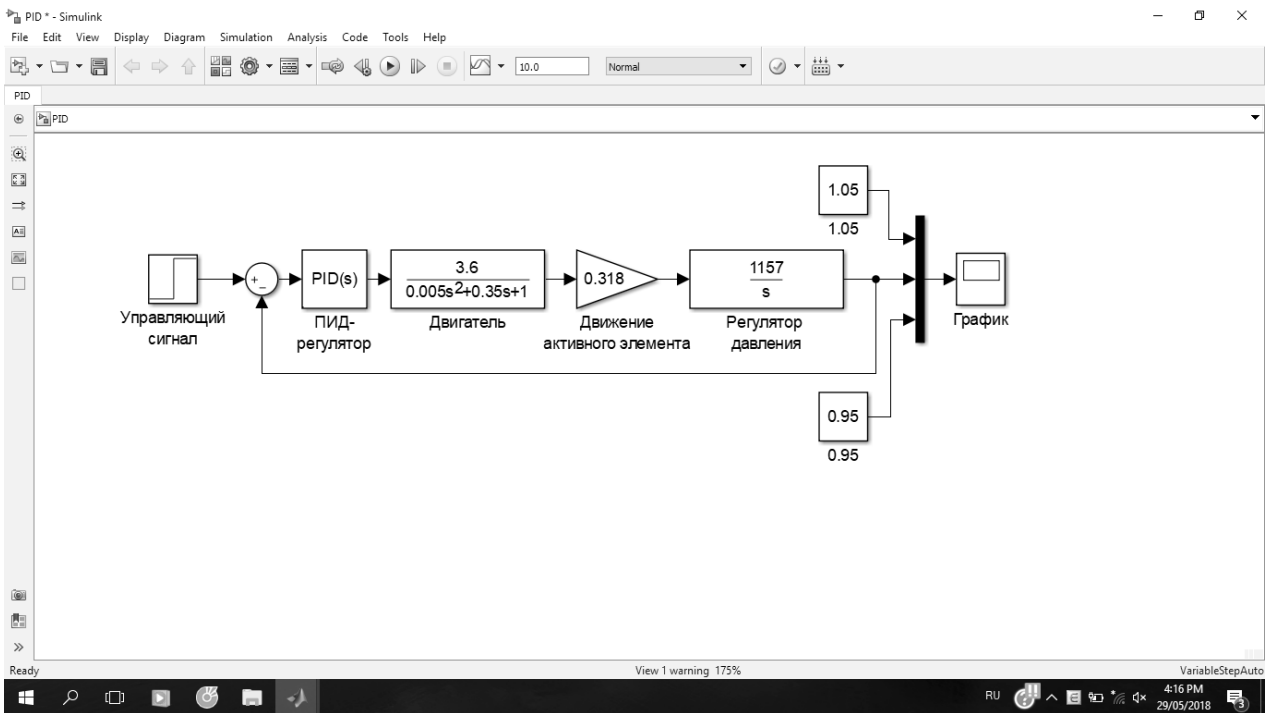


Рис. 2. Имитационная модель системы управления наложением давления.

формируется текущий сигнал на управление ПИД-регулятором. В ПИД текущий сигнал преобразует в сигнал напряжения для управления ШД. ШД вращается на угол  $\alpha$  и передает механическую энергию на вращение шпинделя РД. Следовательно, активный элемент со штоком РД двигаются и изменяют зазор РД. За счет этого изменяется давление, поступающее в гидроцилиндр.

Математические модели ПИД-регулятора описывается передаточной функцией [4–6]:

$$W_{PID}(s) = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s$$

где  $K_P$ ,  $K_I$ ,  $K_D$  — коэффициенты усиления пропорциональной, интегрирующей и дифференцирующей составляющих регулятора соответственно.

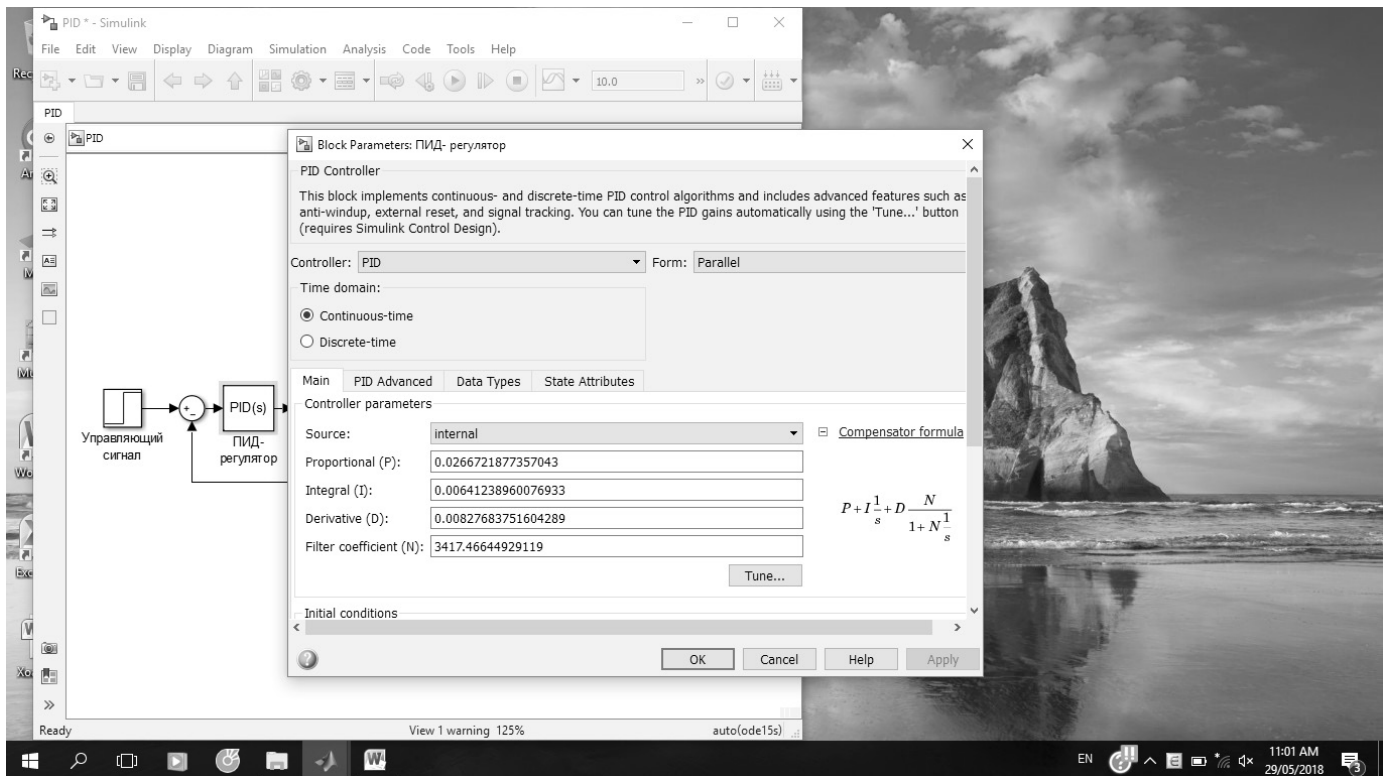


Рис. 3. Параметрический синтез модели ПИД-регулятора средствами программы Matlab&Simulink.

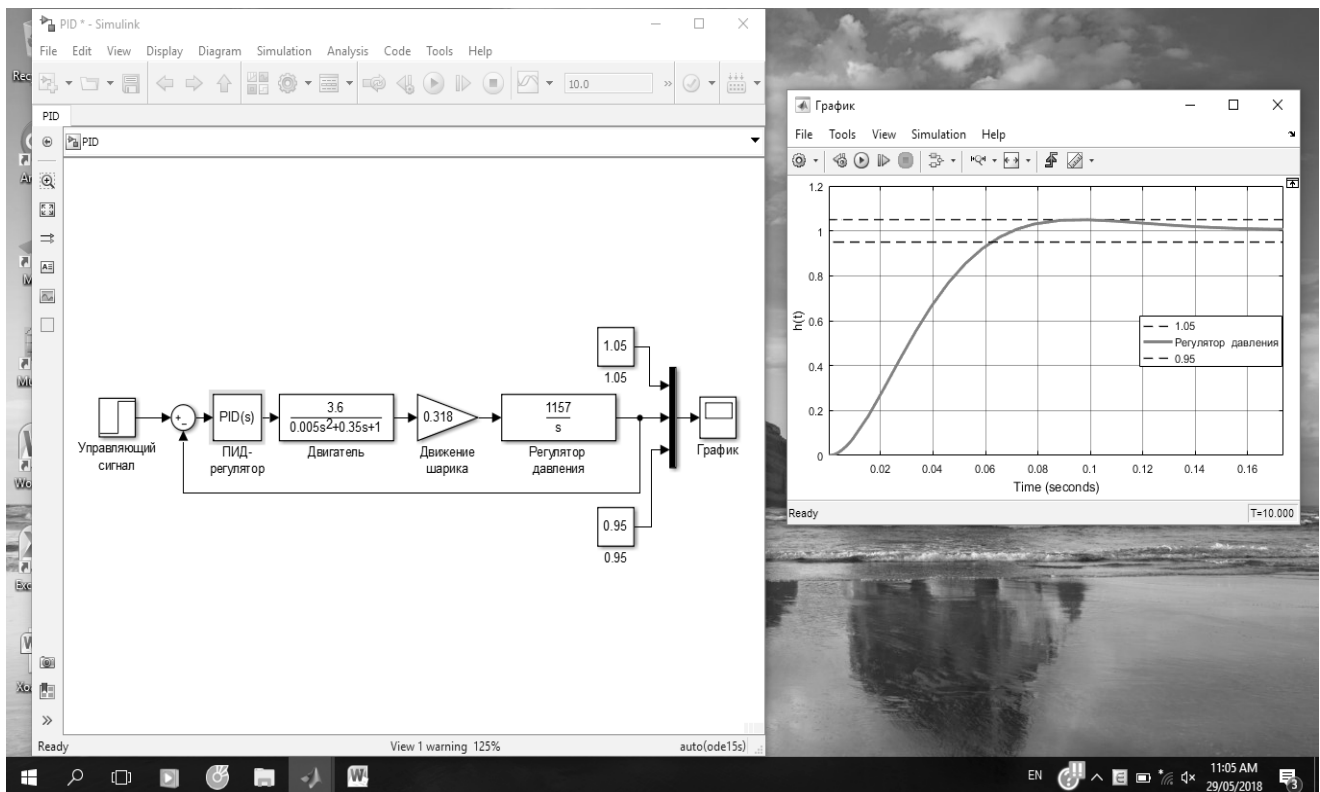


Рис. 4. Переходная характеристика системы управлением наложением давления.

Математическая модель шагового двигателя можно описать передаточной функцией второго порядка [7]:

$$W_D(s) = \frac{\alpha(s)}{U(s)} = \frac{3,6}{0,006s^2 + 0,32s + 1}$$

Перемещение активного элемента определяется передаточной функцией:

$$W_{РДy}(s) = \frac{Y(s)}{\alpha(s)} = 0,318$$

Математическая модель РД по давлению можно описать передаточной функцией [8]:

$$W_{РДy}(s) = \frac{P_{ВЫХ}(s)}{Y(s)} = \frac{1157}{s}$$

Имитационная математическая модель системы управления наложением давления с ПИД-регулятором разработана в программной среде Matlab&Simulink (рис. 2) [9, 10].

Для повышения качества управления системы переходный процесс должен обеспечить: время регулирования меньше 0,1 с; без перерегулирования.

Результаты параметрического синтеза модели ПИД-регулятора средствами программы Matlab&Simulink приведены на рис. 3. Результаты моделирования переходного процесса системы управления наложением давления приведены на рис. 4.

На рис. 4 видно, что синтезированные параметры ПИД-регулятора системы обеспечивают заданные показатели качества переходного процесса. Переходный процесс происходит без перерегулирования. Время регулирования составляет 0,062 с.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследовательские работы являются этапом теоретических исследований системы управления гидроприводом при литье под давлением.

На основании выполненных исследований можно считать, что параметры ПИД-регулятора выбраны правильно, а разработанная система управления по критериям качества переходного процесса обеспечивает требуемое быстродействие. Время регулирования составляет 0,062 с. Переходный процесс происходит без перерегулирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коростелев В. Ф. Теория, технология и автоматизация литья с наложением давления. М.: новые технологии, 2004. 224 с.
2. Коростелев В. Ф., Хромова Л. П. Управление формированием квазикристаллической структуры и свойств сплавов специального назначения. М.: Издательство «Новые технологии» — 208 с.: ил.
3. Коростелев В. Ф., Денисов М. С., Большаков А. Е., Чан Ван Хиеу. Разработка процесса производства заготовок из высокопрочных сплавов на основе алюминия // Металлы. — 2017. — № 5. — С. 14–19.
4. Astrom K. J., Hagglund T. Advanced PID control. — ISA — The Instrumentation, Systems, and Automation Society, 2006, 460 p.
5. Астром К. Д. ПИД регулирование. — 1992. — 63 с
6. Aidan O'Dwyer Handbook of PI and PID controller tuning rules, 3rd Edition. — London: Imperial College Press, 2009.
7. Гумен В. Ф., Калининская Т. В. Следящий шаговый электропривод. — Л.: Энергия., Ленингр. Отд.ние, 1980. — 168 с., ил.
8. Попов Д. Н. Механика гидро- и пневмоприводов: Учеб. для ВУЗов. 2-е издание, стереотипное / Д. Н. Попов. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 320 с.
9. Щербаков В. С., Руппель А. А., Глушеч В. А. Основы моделирования систем автоматического регулирования и электротехнических систем в среде Matlab и Simulink: учебное пособие / В. С. Щербаков, А. А. Руппель, В. А. Глушеч. — Омск: Изд-во СибАДИ, 2003. — 160 с.
10. Лазарев Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB / Ю. Лазарев — СПб: Питер, 2005. — 512 с.

© Чан Ван Хиеу ( sevasvn@gmail.com ).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»