

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЧАСТОТОЙ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА ШНЕКОВОГО
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ МАТЕРИАЛА

R.T. Yemelyanov, V.V. Servatinsky,
A.P. Prokopyev, V.S. Novruzov

SIMULATION OF A CONTROL SYSTEM OF FREQUENCY OF ROTATION OF THE AUGER
DISPENSER OF A MATERIAL

Емельянов Р.Т. – д-р техн. наук, проф. каф. инженерных систем зданий и сооружений Инженерно-строительного института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: ert-44@yandex.ru

Серватинский В.В. – канд. техн. наук, доц. каф. автомобильных дорог и городских сооружений Инженерно-строительного института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: vservatinsky@list.ru

Прокопьев А.П. – канд. техн. наук, доц. каф. инженерных систем зданий и сооружений Инженерно-строительного института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: prok1@yandex.ru

Новрузов В.С. – асп. каф. автомобильных дорог и городских сооружений Инженерно-строительного института Сибирского федерального университета, г. Красноярск. E-mail: krsk_novruzoff89@mail.ru

Yemelyanov R.T. – Dr. Tech. Sci., Prof., Chair of Engineering Systems of Buildings and Constructions, Construction Institute, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: ert-44@yandex.ru

Servatinsky V.V. – Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Highways and City Constructions, Construction Institute, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: vservatinsky@list.ru

Prokopyev A.P. – Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Engineering Systems of Buildings and Constructions, Construction Institute, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: prok1@yandex.ru

Novruzov V.S. – Postgraduate Student, Chair of Highways and City Constructions, Construction Institute, Siberian Federal University, Krasnoyarsk. E-mail: krsk_novruzoff89@mail.ru

Для автоматического управления частотой вращения вала дополнительного шнекового устройства применяется система сервоуправления частотой вращения вала распределителя. Приводом вала шнекового распределителя служит регулируемый гидромотор. Целью работы является разработка и исследование системы сервоуправления частотой вращения вала шнекового распределителя материалов. Для моделирования сервоуправления частотой вращения вала шнекового распределителя материалов использовалась программа «Matlab*Simulink». При исследованиях используется потенциометр, математическая модель которого записывается в виде аperiodического звена первого порядка с передаточной функцией. При моделировании системы сервоуправления частотой вращения вала определялось влияние составляющих регулятора на динамику переходных процессов системы с последовательным отключением составляющих: пропорцио-

нальной P , интегральной I и дифференциальной D . Результаты исследований переходных процессов показали, что при применении аналогового пропорционального регулятора переходной процесс – колебательный, с амплитудой колебаний 2 мм. Пропорциональная составляющая является основой регулирующего воздействия. Применение ПИ-регулятора позволило снизить амплитуду колебаний до 1,9 мм. Управление процессом с ПИД-регулятором обеспечивает амплитуду колебаний 1,4 мм.

Ключевые слова: шнековый распределитель, сервоуправление, гидромотор, моделирование, передаточная функция, амплитуда колебаний.

For automatic speed control shaft of the screw device additional system is used to serving control the frequency of rotation of the shaft dispenser. The shaft drive auger dispenser motor is adjustable. The purpose of the work is the development

and research of system of the serving shaft speed screw facility materials. For modelling the serving control of the rotational speed of the shaft screw dispenser material was used the program 'Matlab*Simulink'. In the study a potentiometer, a mathematical model which is written in the form of aperiodic link of the first order with a transfer function were used. In the simulation system, the serving, the shaft speed was determined by the effect of the controller on the dynamics of the transients of the system with sequential switching off components: proportional P, integral I, and a differential D. the results of the transient studies have shown that when using analog proportional controller transient oscillatory is with amplitude of 2 mm. The proportional component is the basis of the regulatory impact. The use of PI regulator has allowed reducing the amplitude of 1.9 mm. Control process with PID controller provides the amplitude of 1.4 mm.

Keywords: auger spreader, power steering, hydraulic, modeling, transfer function, the amplitude of oscillation.

Введение. При транспортировании асфальтобетонной смеси происходит температурная

сегрегация. Для исключения температурной сегрегации асфальтобетонной смеси применяется технология с использованием перегружателя смеси из самосвала в асфальтоукладчик. Анти-сегрегационные шнеки перегружателя перемещивают материал непосредственно перед его загрузкой в асфальтоукладчик. Применение существующей технологии ведет к удорожанию строительства асфальтобетонного покрытия [1]. С целью упрощения технологии предлагается управление частотой вращения вала дополнительного шнекового устройства. Для автоматического управления частотой вращения вала применяется система сервоуправления частотой вращения вала шнекового распределителя.

Цель исследования: разработка и изучение системы сервоуправления частотой вращения вала шнекового распределителя материалов.

Условия и методы исследования. Объектом исследования является шнековый распределитель материала (рис. 1).

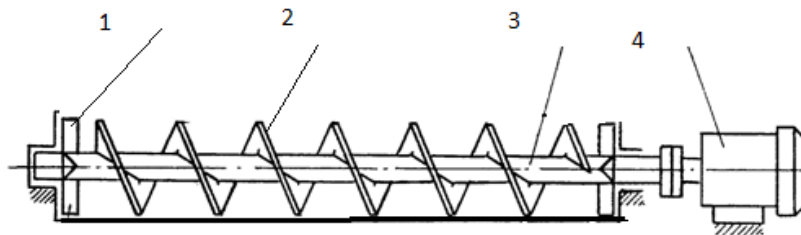


Рис. 1. Шнековый распределитель материала: 1 – опора вала; 2 – лопасти вала; 3 – вал распределителя; 4 – гидромотор

Приводом вала шнекового распределителя служит регулируемый гидромотор, содержащий корпус и крышку, соединенные с образованием полости для размещения блока цилиндров, установленного с возможностью качания для регулирования рабочего объема гидромотора.

В системах управления техническими объектами наибольшее распространение получили пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД) регуляторы. Структурная схема системы сервоуправления частотой вращения вала шнекового распределителя с ПИД-регулятором приведена на рисунке 2.

Математическое описание элементов системы управления выполнено на основе передаточных функций.

Передаточная функция гидромотора определяется из условия [2]:

$$\dot{\phi} = \omega;$$

$$\dot{\omega} = -\frac{1}{T_s} \omega_y + \frac{K}{T_s} \delta$$

где $\dot{\phi}$ – угол поворота винтового шнека; ω – угловая скорость вращения винтового шнека; δ – угол поворота качающегося блока гидромотора; T_s – постоянная времени; K – постоянный коэффициент, имеющий размерность рад/с.

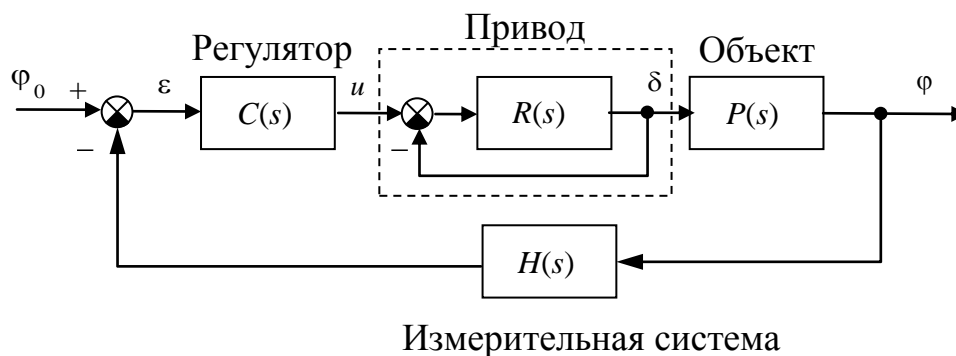


Рис. 2. Структурная схема системы с сервоуправлением частотой вращения вала

Передаточная функция гидромотора [3] описывается апериодическим звеном первого порядка:

$$R(s) = \frac{1}{T_R s + 1}.$$

Передаточная функция объекта управления описывается звеном второго порядка:

$$P(s) = \frac{K}{s(T_s s + 1)}.$$

Для измерения угла поворота качающего блока гидромотора используется потенциометр, математическая модель которого записывается в виде апериодического звена первого порядка с передаточной функцией:

$$H(s) = \frac{1}{T_{oc} s + 1}.$$

Передаточная функция идеального ПИД-регулятора

$$C(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s = \frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s},$$

где s – преобразователь Лапласа; K_p, K_i и K_d – коэффициенты пропорциональности, интегрирования и дифференцирования, соответственно.

Для моделирования сервоуправления частотой вращения вала шнекового распределителя материалов использовалась среда программы инженерных расчетов и имитационного моделирования MATLAB&Simulink.

При моделировании системы сервоуправления частотой вращения вала определялось влияние составляющих регулятора на динамику переходных процессов системы последовательным подключением составляющих: пропорциональной (П), интегральной (И) и дифференциальной (Д).

Результаты моделирования шнекового распределителя с пропорциональным (П) регулятором приведены на рисунке 3.

Результаты исследований переходного процесса показали, что при применении непрерывного пропорционального регулятора переходный процесс колебательный с перерегулированием, время регулирования с учетом 5 %-й зоны составляет 20 с.

График переходного процесса, полученный имитационным моделированием системы с ПИ-регулятором, приведен на рисунке 4.

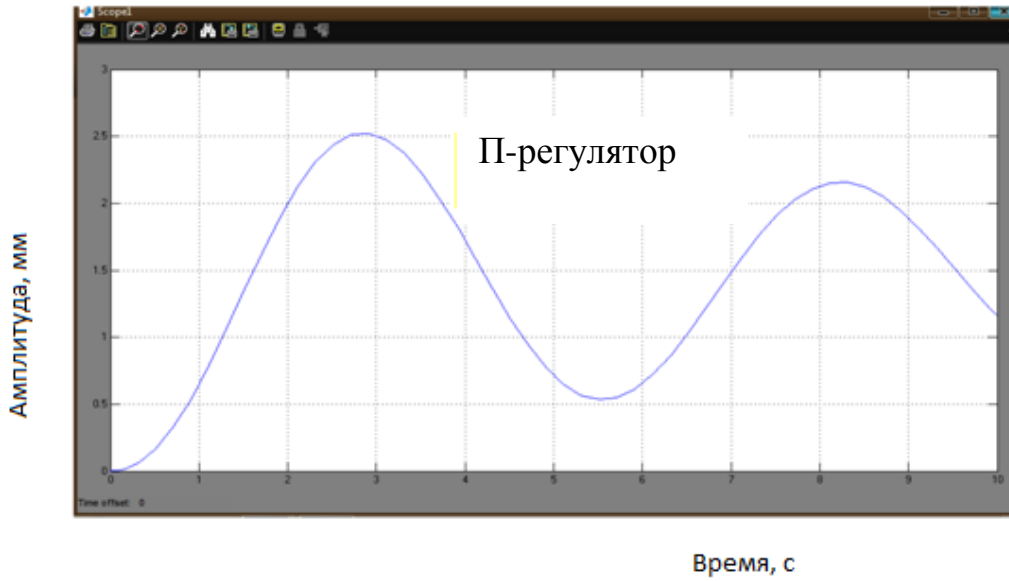


Рис. 3. График переходных процессов для модели с пропорциональным регулятором

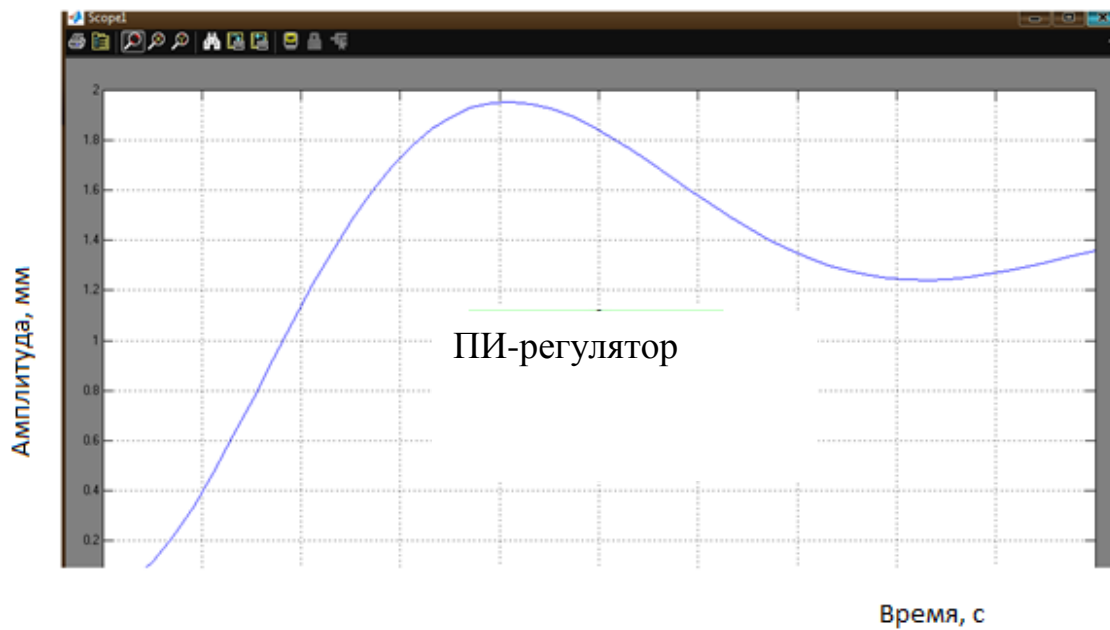


Рис. 4. График переходного процесса для модели с пропорционально-интегральным регулятором

Переходный процесс системы управления с ПИ-регулятором колебательный, с перерегулированием, время регулирования с учетом 5 %-й зоны составляет 15 с.

График переходного процесса для имитационной модели с ПИД-регулятором приведен на рисунке 5.

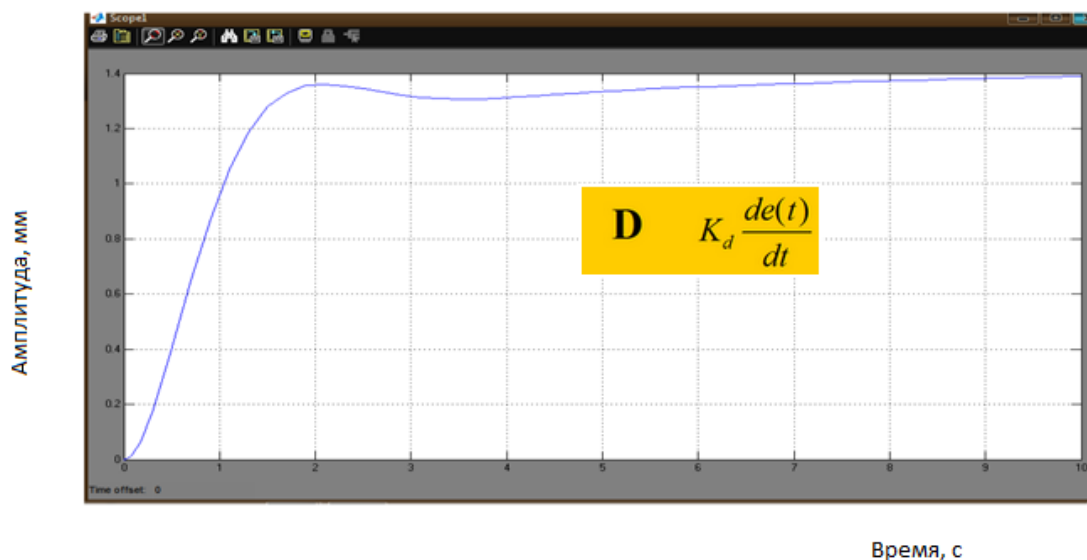


Рис. 5. График переходных процессов для модели с ПИД-регулятором

Переходный процесс системы с ПИД-регулятором апериодический без перерегулирования, время регулирования с учетом 5 %-й зоны составляет 4,5 с.

Заключение. Имитационное моделирование в среде MATLAB&Simulink системы управления шнековым распределителем с сервоприводом показало, что при использовании ПИД-регулятора по сравнению с П-, ПИ-регуляторами можно получить переходный процесс без перерегулирования, что особенно важно для оборудования с гидроприводом. Переходный процесс системы с П-, ПИ-регуляторами характеризуется колебательным процессом с значительным перерегулированием. Полученные результаты свидетельствуют о возможности значительного уменьшения времени переходного процесса, что особенно важно для систем с гидравлическим приводом.

Литература

1. Емельянов Р.Т., Скурихин Л.В., Закурдаев А.В. Моделирование динамики регулируемого гидромотора // Вестн. КрасГАУ. – 2014. – № 8. – С. 181–185.
2. Prokopiev A.P., Ivanchura V.I., Emelianov R.T. The analytical solution and the dynamic characteristics of the system model velocity control vibrating roller // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 4 (2014 7). – P. 482–490.

versity. Engineering & Technologies 4 (2014 7) 482–490.

3. Емельянов Р.Т., Турышева Е.С., Шилкин С.В. и др. Моделирование процесса управления распределением асфальтобетонной смеси по ширине дороги // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании: сб. науч. тр. SWorld. Т. 5. – 2013. – С. 29–34.

Literatura

1. Emel'janov R.T., Skurihin L.V., Zakurdaev A.V. Modelirovanie dinamiki reguliruemogo gidromotora // Vestn. KrasGAU. – 2014. – № 8. – S. 181–185.
2. Prokopiev A.P., Ivanchura V.I., Emelianov R.T. The analytical solution and the dynamic characteristics of the system model velocity control vibrating roller // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 4 (2014 7). – P. 482–490.
3. Emel'janov R.T., Turysheva E.S., Shilkin S.V. i dr. Modelirovanie processa upravlenija raspredeleniem asfal'tobetonnoj smesi po shirine dorogi // Sovremennye problemy i puti ih reshenija v nauke, transporte, proizvodstve i obrazovanii: sb. nauch. tr. SWorld. Т. 5. – 2013. – S. 29–34.