



Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Шосткинський інститут Сумського державного університету  
Центральний науково-дослідний інститут  
озброєння та військової техніки Збройних сил України  
Державне підприємство  
«Державний науково-дослідний інститут хімічних продуктів»  
Виконавчий комітет Шосткинської міської ради  
Казенне підприємство «Шосткинський казенний завод «Імпульс»  
Казенне підприємство «Шосткинський казенний завод «Зірка»

# **ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ: НАУКА, ЕКОНОМІКА ТА ВИРОБНИЦТВО**

**МАТЕРІАЛИ**  
**III Міжнародної**  
**науково-практичної конференції**  
(м. Шостка, 23-25 листопада 2016 року)



УДК 543.544

## СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НИТРАТОРА-ДОЗЕРА

А.Н.Лукашенко, Д.А.Харченко, А.Г.Серяков

Шосткинский институт Сумского государственного университета

41100, г. Шостка, ул. ЛесиУкраинки, 1

agser@yandex.ru

В химических технологиях производства нитратов целлюлозы используется большое количество сложных аппаратов и устройств, математические модели которых аналитическим способом определить достаточно сложно. Экспериментальные методы определения мат. модели по кривой разгона не позволяют получить достаточно точные мат. модели этих аппаратов, т.к. аппроксимируются мат. моделями не выше второго порядка. Одним из таких сложных технологических аппаратов является нитратор-дозер [1]. Входной управляемой координатой в этом аппарате является расход реакционно-кислотной смеси. Материальными входными потоками объекта нитратора-дозера являются непрерывно поступающие реакционно-кислотная смесь и целлюлоза, периодически загружаемые в аппарат, а выходными потоками являются нитратно-кислотная смесь и отработанные фракции кислот. Процесс является непрерывным. Для идентификации сложного объекта управления описываемого мат. моделями порядка выше второго, был применен экспериментальный метод, основанный на анализе ФЧХ-«метод узловых частот» [2].

К синтезированной системе выдвигались следующие требования:

- перерегулирование в переходных процессах  $\sigma \leq 25\%$ ;
- время переходного процесса  $t_{\text{пп}} \leq 0,4$  с;
- показатель колебательности  $M=1,3$

Анализ последних исследований и публикаций. Метод узловых частот был предложен Н.В. Яворским для проектирования инвариантных следящих приводов [2]. Публикаций по применению этого метода для построения мат. моделей высокого порядка с применением виртуальных приборов, созданных в пакете программ LabView 7.1 найдено не было.

Формулирование цели исследования. Основной целью проводимой работы являлось:

- синтезирование АСУ процессами, происходящими в аппарате;
- определение наиболее оптимального метода синтеза.

Формулирование цели исследования. Схема экспериментальной установки по определению ФЧХ представлена на рис. 1.

В качестве генератора, индикатора, регистратора использовались виртуальные приборы,

созданные в пакете программ LabView 7.1. ФЧХ объекта управления, полученная в ходе эксперимента представлена на Рис.1.

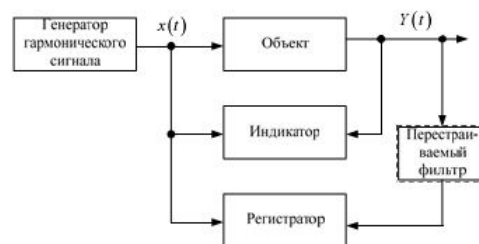


Рисунок 1- Структурная схема по определению ФЧХ объекта управления.

Для синтеза мат. модели методом узловых частот нет необходимости определять полностью ФЧХ. Достаточно определить сдвиг фаз на частотах кратных  $\pi/2$  и частоту насыщения, но для большей наглядности ФЧХ определялась полностью до частот насыщения. (Рис.2).

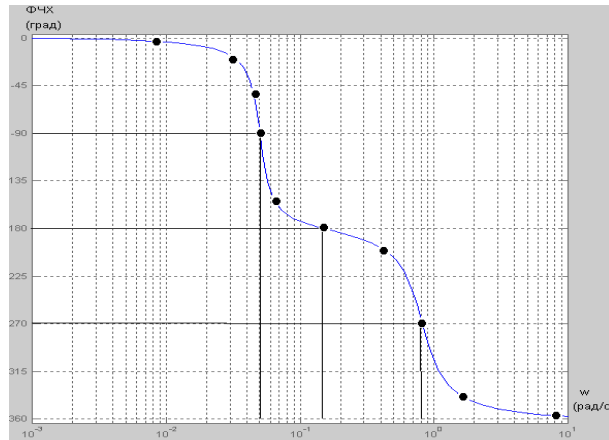


Рисунок 2- ФЧХ объекта управления.

По таблице 2.1 [2] была определена передаточная функция объекта управления.

Таблица 2.1

Переда- точная функция	$k$	$k$	$k$
	$1 + a_1 p + a_2^* p^2 + a_3$	$1 + a_1 p + a_2 p^2 + a_3 p^3 +$	$1 + a_1 p + a_2 p^2 + a_3 p^3 + a_4 p^4 +$
ФЧХ			
Сводка формул	$a_1 = -tg\alpha$	$a_2 = \frac{\omega_1^2 + \omega_3^2}{\omega_1^2 \cdot \omega_3^2}$	$a_3 = \frac{a_1}{\omega_2^2}$
	$a_4 = \frac{1}{\omega_1^2 \cdot \omega_3^2}$	$a_5 = \frac{a_1(\omega_3^2 + \omega_4^2)}{\omega_2^2 \cdot \omega_4^2}$	$a_2^* = \frac{1}{\omega_1^2}$

Таким образом, для выбранной из таблицы ФЧХ, передаточная функция выражается многочленом четвертого порядка и в общем виде записывается как:

$$W(p) = \frac{ke^{-\tau}}{1 + a_1 p + a_2 p^2 + a_3 p^3 + a_4 p^4} \quad (1)$$

или после расчета по формулам таблицы 2.1 получим:

$$W(p) = \frac{0.4e^{-20p}}{1 + 6.4p + 401.5p^2 + 284.4p^3 + 594.8p^4} \quad (2)$$

Значение коэффициента усиление  $k$  определяется по формуле:

$$k = \frac{\Delta f}{\Delta x} = \frac{10}{25} = 0.4 \quad (3)$$

где  $\Delta f$  - расход реакционно-кислотной смеси, м<sup>3</sup>/час,  $\Delta x$  - пропускная способность регулирующего клапана

Для проверки адекватности полученной модели для объекта управления была снята разгонная характеристика, представленная на рис.3.

Проверка адекватности характеристик методом Фишера [3] для 16 точек графиков рис.3а)-3б) дало следующий результат:

$$f_{16} = \frac{y_{\text{эсп. ср. кв.}}^2}{y_{\text{ан. ср. кв.}}^2} = 1,182 \quad (4)$$

где  $y$ -среднеквадратичные значения экспериментальной и теоретической (аналитической) кривых рис.3

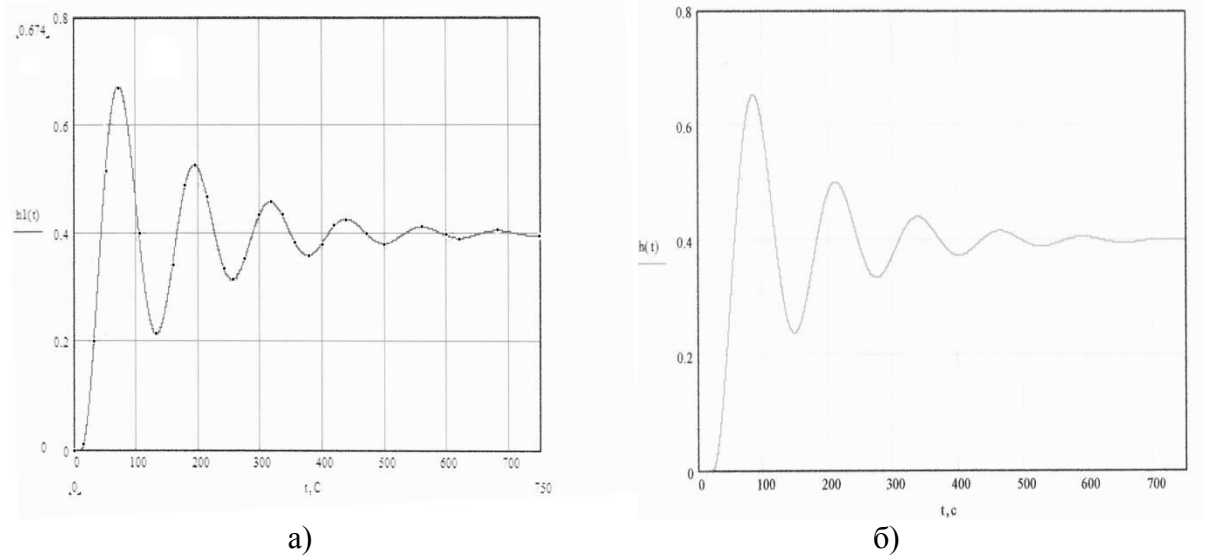


Рисунок 3 -Графики переходных характеристик, а)-экспериментальной, б) –аналитической по формуле (2).

Коэффициент Фишера  $F_{16}=2.37 \gg f_{16}$ , т.е. модель адекватна объекту регулирования.

Для получения необходимого качества работы объекта управления задача синтеза может быть решена с использованием желаемой ЛАХ.

Для построения желаемых ЛАХ и расчета параметров передаточных функций объекта управления по сигналу управления могут использоваться методы В.В. Солодовникова [4] и В.А. Бесекерского [5].

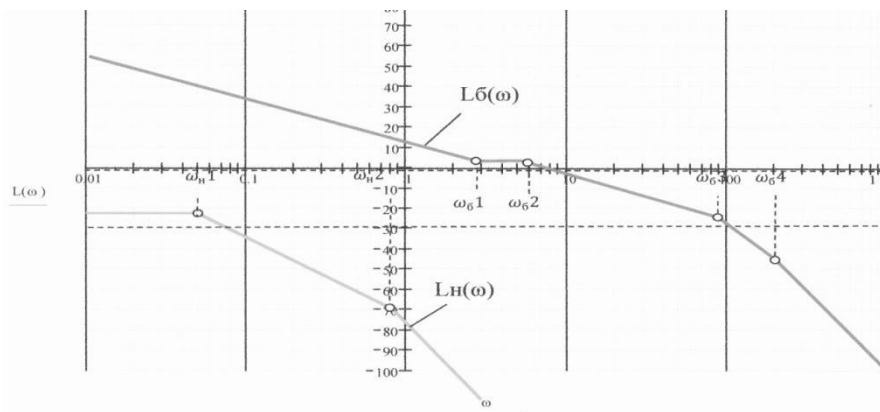


Рисунок 4 Логарифмические частотные характеристики желаемой  $L_b(\omega)$  и неизменной  $L_n(\omega)$  разомкнутой системы.

В основу метода В.В. Солодовникова положена связь между качеством переходного процесса и параметрами вещественной частотной характеристики  $P(\omega)$ . Он позволяет построить желаемую ЛАХ по заданному максимальному перерегулированию  $\sigma$  и времени переходного процесса  $t_{пп}$  при работе системы на ступенчатый сигнал (когда наибольшая постоянная времени  $T_1$  не влияет на точность) (Рис. 4).



Метод В. А. Бесекерского позволяет рассчитать параметры желаемой ЛАХ по заданному показателю колебательности  $M$ . (Рис.5).

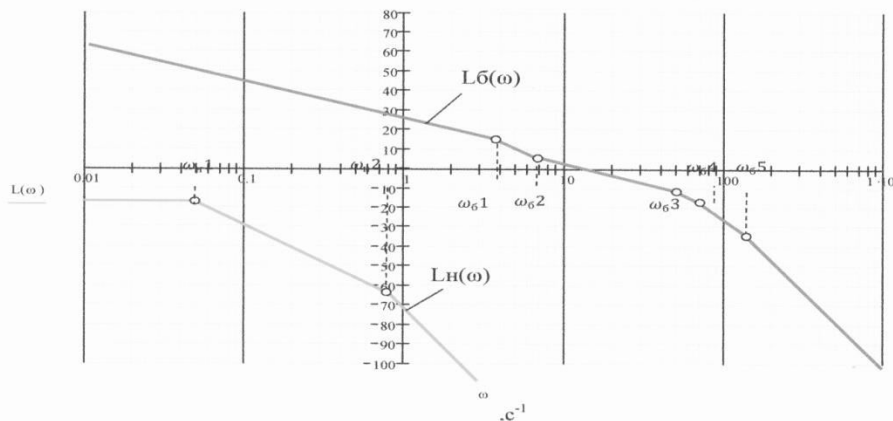


Рисунок 5 -Логарифмические частотные характеристики желаемой  $L_b(\omega)$  и неизменной  $L_n(\omega)$  разомкнутой системы.

Если помимо показателя колебательности заданы ограничения на время переходного процесса и максимальное перерегулирование, то, можно определить минимальные значения  $\sigma$  и  $t_{пп}$ , при которых будут удовлетворяться все заданные требования, и по ним рассчитать все параметры желаемой ЛАХ. Следует отметить, что метод В.А. Бесекерского дает более точные результаты и позволяет осуществить коррекцию более простыми средствами.

Параметры желаемой ЛАХ, рассчитанные по методике В.В. Солодовникова, оказываются завышенными. Среднечастотная часть желаемой ЛАХ с наклоном  $-1$  удлиняется в сторону высоких частот. При этом усложняется коррекция системы.

Графики переходных характеристик по методу Солодовникова (1) и Бесекерского(2) представлены на рис. 6 и в Таблице 1.

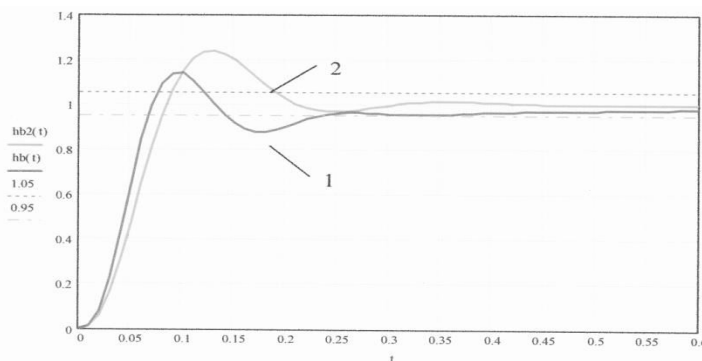


Рисунок 6 -Графики переходных характеристик по методу Солодовникова (1) и Бесекерского (2)

Из графика 6 и таблицы 2 видно, что система, синтезированная по методу Бесекерского, имеет меньше время переходного процесса, но большее перерегулирование.

Если принять по расчету меньшее значение коэффициента колебательности  $M$ , то можно уменьшить перерегулирование в системе, синтезированной по методу Бесекерского. Следует отметить, что обе синтезированные системы имеют характеристики качества регулирования переходных процессов выше задания.

**Таблица 2 Сравнительная таблица основных показателей качества синтезированных систем**

Наименование	Перерегулирование $\sigma, \%$	Время переходного процессat <sub>p</sub> , с
--------------	--------------------------------	----------------------------------------------

Тех.задание	$\leq 30$	$\leq 0,4$
Метод Солодовникова	14	0,23
Метод Бесекерского	22	0,18

**Выводы.**

1. Применение метода узловых частот позволяет построить адекватные мат. модели высоких порядков сложных объектов.

2. Методы синтеза систем управления Бесекерского и Солодовникова дают близкие параметры качества переходных процессов. Параметры желаемой ЛАХ, рассчитанные по методике В.В. Солодовникова, оказываются завышенными. Среднечастотная часть желаемой ЛАХ с наклоном  $-1$  удлиняется в сторону высоких частот. При этом усложняется коррекция системы. Метод Бесекерского более простой при синтезе систем управления

Список использованной литературы.

1. Д.И. Дементьева, И.С. Кононов, Р.Г. Мамашев, В.А. Харитонов. Введение в технологию энергонасыщенных материалов. Бийск: Из-во АГТУ, 2009г., с.254
2. В.Н.Яворский и др. Проектирование инвариантных следящих приводов. Учебное пособие. – Москва, из-во «Высш. шк.», 1963, 475 с.
3. [http://opds.sut.ru/old/electronic\\_manuals/pe/f043.htm](http://opds.sut.ru/old/electronic_manuals/pe/f043.htm)
4. Солодовников В.В. Техническая кибернетика. Книга 2. М., из-во «Машиностроение» 1967, с.682
5. Бесекерский В.А. Динамический синтез систем автоматического регулирования. М., из-во «Наука», 1970, с.576