**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7**

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ CИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ SIMINTECH**

# ЦЕЛЬ РАБОТЫ

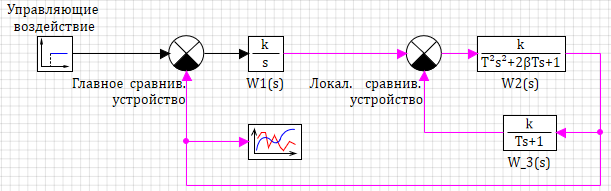
* Ознакомление с процедурами работы «SimInTech» в режиме ОПТИМИЗАЦИЯ на примере синтеза оптимального интегрирующего регулятора.

# 1 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЛОКА ОПТИМИЗАЦИЯ

## Формулировка заданий на параметрическую оптимизацию САР

Во всех лабораторных работах по курсу «УТС» имеется обучающая часть, в которой Вы «по инструкции» знакомились с методами и процедурами исследования САР в среде «SimInTech». В качестве объекта исследования в обучающей части лабораторных работ используется «базовая» САР, математическая модель динамики которой в виде структурной схемы имела вид, близкий рис. 1.1.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА САР



**Рисунок 1.1. Структурная схема тестовой САР**

 Объект управления с передаточной функцией W\_2 (s), соответствовал типовому звену (колебательному) с параметрами: k2 = 1.0; T2 = 1 c; параметр демпфирования b = 0.5; начальные условия - нулевые.

Местная обратная связь с передаточной функцией W\_3 (s), соответствовала типовому звену - апериодическому 1-го порядка с параметрами: k3 = 0.6; T3 = 5 c.

Локальное сравнивающее устройство обеспечивало отрицательную обратную связь, т.е. «работало» в режиме обычного вычитания.

Напомним заключительное задание в Вашей 1-ой учебной задаче.

Определить значение *скоростной эффективности* интегрирующего регулятора (коэффициента усиления *k1* в блоке *Интегратор*), обеспечивающей перевод замкнутой линейной САР из состояния *y* **= 0** при *t* = 0 в состояние *y* **= 0.8** 0.04 (5-ти процентный допуск) при следующих ограничениях:

- время переходного процесса ***Т\_пп***, определяемое по факту входа регулируемой переменной в 5-ти процентную “трубку”, должно быть *не более* **20** секунд;

- переходной процесс должен проходить **без перерегулирования** (*y\_max <=* **0.8**).

Формулировка задания *стилистически* несколько отличается от “оригинала” (см. методические указания к лабораторной работе № 4), однако цели совпадают…

Используя при выполнении 1-ой учебной задачи *метод прямого моделирования*, Вы всего за три “попытки*”* (**!?** ) определили “оптимальное” значение скоростной эффективности регулятора ( *k1* = **0.35** ), при котором переходной процесс в САР одновременно удовлетворял *обоим* вышеприведенным ограничениям…

Очевидно, что при отсутствии “рекомендаций” по варьированию значений параметра *k1* , поиск “оптимального” значения мог бы *существенно* затянуться…   
Если бы число *варьируемых* параметров в 1-ой учебной задаче было бы **два** (например, *k1* и *k3* ), то стратегия “ручного” поиска была бы далеко не очевидной…

В SimInTech создан специальный блок «***Оптимизация параметров модели***», находящийся в закладке «***Исследования***» который позволяет выполнить автоматизированный поиск таких значений варьируемых параметров САР, при которых динамические характеристики САР (и переходной процесс, в частности) удовлетворяют одному или нескольким условиям (критериям) “оптимальности”.

Использование возможностей SimInTech для решения задач оптимального управления и параметрической оптимизации рассмотрим в процессе выполнения **очередной обучающей задачи**, которую Вам предлагается выполнить опять же в режиме пошаговых инструкций…

Рассмотрим основные процедуры работы в режиме ОПТИМИЗАЦИЯ на примере “базовой” САР из 1-го учебного задания при тех же условиях оптимальности (по времени входа в 5-ти процентную “трубку” и по отсутствию перерегулирования)…

## Последовательность действий в режиме ОПТИМИЗАЦИЯ

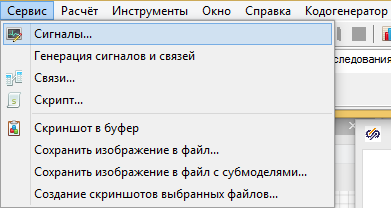
Приведем перечень основных этапов, которые необходимо выполнить в SimInTech для реализации режима работы ОПТИМИЗАЦИЯ:

* задать варьируемый(е) параметр(ы) как *глобальный(е) параметр(ы)*, используя соответствующие интерфейсные процедуры;
* сформировать *локальные* критерии качества (оптимизации), которые необходимы для решения основной задачи оптимизации;
* поместить на схему блок «***оптимизация параметров модели***» и ввести в его настройках требуемые данные, включая:
  + имена *варьируемых параметров*, пределы их изменения и погрешность расчета;
  + имена *локальных критериев* и допустимые пределы их значений;
  + расчетный *метод оптимизации* и его параметры;
* запустить задачу на счет и ждать….

Откройте проект, соответствующий 1-ой учебной задаче, и восстановите *исходное* состояние САР в замкнутом состоянии. Если проекта нет в числе сохраненных, Вы *способны* за несколько минут сформировать *новый* проект, близкий рис. 1.1.

## Задание варьируемого параметра как глобального

Процедура задания глобальных сигналов выполняется в специальном окне с заголовком «***Редактор сигналов проекта***». Для вызова данного окна необходимо в главном меню выбрать пункт «***Сервис***» подпункт «***Сигналы…***», рисунок 1.2.



**Рисунок 1.2 Меню вызова окна редактирования списка сигналов проекта.**

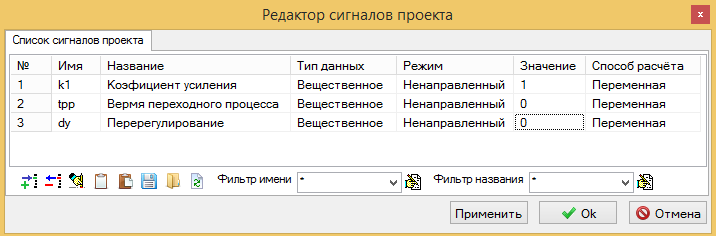
Список сигналов проекта позволяет создать список переменных, которые используются в процессе моделирования во всех субмоделях проекта и обеспечивают доступ к данным переменным по их имени.

В диалоговом окне «***Редактор сигналов проекта***» в нижней части нажмите на кнопку «***Добавить сигнал***» . При нажатии на данную кнопку в списке сигналов появляется новый сигнал, и пользователь получает возможность задать его имя и параметры.

Для оптимизации тестовой задачи мы создадим три сигнала:

* k1 – коэффициент усиления, параметр, который мы оптимизируем в задаче;
* tpp – время переходного процесса;
* dy – величина перерегулирования.

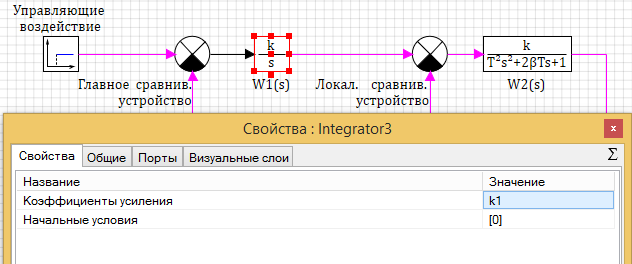
Создайте три сигнала и настройте их параметры как показано на рисунке 1.3



**Рисунок 1.3 Окно настройки редактора сигналов проекта.**

Переменные данного списка (сигналы) могут быть использованы в качестве параметров блоков схемы, этим свойством сигналов мы и воспользуемся.

В свойствах интегрирующего блока W\_1(s) вместо численного значения коэффициента усиления задайте переменную k1. (см. Рисунок 1.4).



**Рисунок 1.4 Настройка параметров блока с использование сигнала.**

## Расчет локальных критериев оптимизации

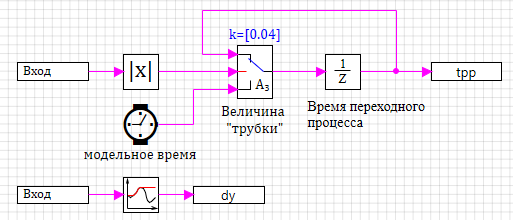
Для расчета параметров переходного процесса мы используем новую субмодель, в которой будет создана расчетная схема.

Поместите на схему блок «*Субмодель*» из закладки «*Субструкутры*» и осуществите двойной клик для входа в субмодель. Поместите на схему два блока «*Порт входа*». Рекомендуем поместить их с левой стороны один под другим, тогда их порядок будет соответствовать порядку входов блока схеме верхнего уровня.

Поместите на схему следующие блоки:

* «*Абсолютное значение*» из закладки «*Операторы*»;
* «*Часы*» из закладки «*Источники*»;
* «*Ключи-3*» из закладки «*Ключи*»;
* «*Запаздывание на шаг квантования*» из закладки «*Дискретные*»;
* «*Нижний или верхний передел*» из закладки «*Нелинейные*»;
* Два блока «*Запись в список сигналов*» из закладки «Данные».

Соберите схему как показано на рисунке 1.5



**Рисунок 1.5 Схема расчета параметров переходного процесса.**

На схеме изображенной на рисунке, добавлены подписи под блоками, для пояснения работы схемы.

Переместите курсор на блок с подписью *Величина «трубки*» («*Ключ-3*») и измените:

- в 1-ой диалоговой строке «*Значения уставок*» [0.5] на **0.04** , что соответствует 5 %-ной “трубке” от будущего установившегося значения регулируемой переменной, равного 0.8.

Переместите курсор на 1-й блок *Запись в список сигналов* и, выполнив 2-х кратный щелчок *левой* клавиши “мыши”, откройте его диалоговое окно.

Введите в строке *Имена сигналов* **tpp** . Закройте диалоговое окно этого блока.

Переместите курсор на 2-й блок *Запись в список сигналов* и, выполнив 2-х кратный щелчок *левой* клавиши “мыши”, откройте его диалоговое окно.

Введите в строке *Имена сигналов* **dy**. Закройте диалоговое окно этого блока.

В блоке «*Нижний или верхний предел*», установите «*Тип операции*» - **Максимум**

Данный блок обеспечит запись максимального значения величины полученной из входного порта в список сигналов **dy**. (см. Рисунок 1.5)

Схема расчета времени переходного процесса работает следующим образом:

На средний (логический) входной порт *Ключа-3* ( *Величина “трубки”*) подается модуль сигнала рассогласования.

Если этот сигнал больше **уставки** (5 % от 0.8), то на выход *Ключа-3* передается сигнал с 3-го (нижнего) входного порта, т.е. текущее модельное время.

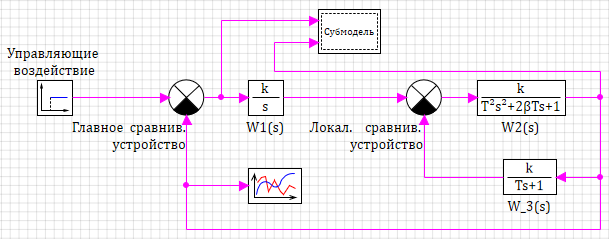
Если управляющий сигнал (на среднем входном порту) меньше **уставки**, то на выход *Ключа-3* передается сигнал с 1-го (верхнего) входного порта, т.е. *тот же сигнал, но задержанный на один шаг интегрирования.*

Задержку на 1 шаг интегрирования осуществляет типовой блок с подписью *Время переходного процесса* (типовой блок *Задержка на шаг квантования* из библиотеки ***Дискретные*** *звенья*).

Таким образом после завершения расчета в переменных **tpp** и **dy** будет находиться значение времени переходного процесса и максимальное значение выхода из W2(s).

Закройте субмодель, выполнив 2-х кратный щелчок “мышью” в свободном месте субмодельного Схемного окна (только не под каким-либо блоком) или нажав на клавишу **Pg Up**.

На внешней схеме подключите к входным портам входа субмодели, значения сигнала рассогласования и выходное значение блока W2(s), как показано на рисунке 1.6.



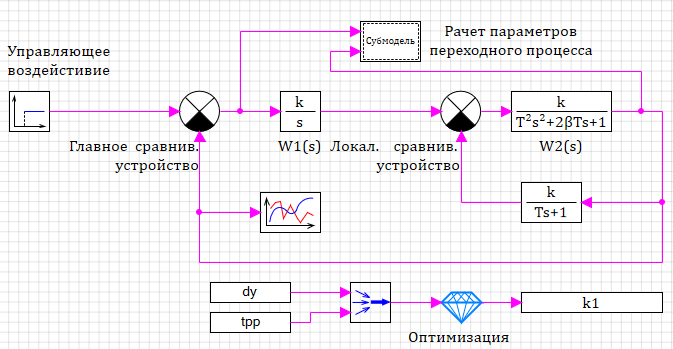
**Рисунок 1.6 Структурная схема тестовой САР с блоком расчета параметров**

## Настройка блока оптимизация

Поместите на схему следующие блоки:

* Два блока «*Чтение из списка сигналов*» из закладки «*Данные*»;
* «*Запись в список сигналов*» из закладки «*Данные*»;
* «*Мультиплексор*» из закладки «*Векторные*»;
* «*Оптимизация параметров модели*» из закладки «*Исследования*»;

Соберите схему как показано на рисунке 1.7



**Рисунок 1.7 Структурная схема тестовой САР с блоком оптимизации**

Переместите курсор на 1-й блок *Чтение из списка сигналов* и, выполнив 2-х кратный щелчок *левой* клавиши “мыши”, откройте его диалоговое окно.

Введите в строке *Имена сигналов* **dy**. Закройте диалоговое окно этого блока.

Переместите курсор на 2-й блок *Чтение из списка сигналов* и, выполнив 2-х кратный щелчок *левой* клавиши “мыши”, откройте его диалоговое окно.

Введите в строке *Имена сигналов* **tpp**. Закройте диалоговое окно этого блока.

В блоке «*Нижний или верхний предел*», установите «*Тип операции*» - **Максимум**

Данный блок обеспечит запись максимального значения величины полученной из входного порта в список сигналов **dy**. (см. Рисунок 1.5)

Переместите курсор на блок *Запись в список сигналов* и, выполнив 2-х кратный щелчок *левой* клавиши “мыши”, откройте его диалоговое окно.

Введите в строке *Имена сигналов* **k1**. Закройте диалоговое окно этого блока.

Поясним работу данной схемы: два сигнала, максимальная величина занчения – **dy,** и время переходного процесса **- tpp,** рассчитанные в блоке субмодель, упаковываются в вектор и передаются в блок оптимизации, данный блок рассчитывает значение, передаваемое в сигнал **k1,** который, в свою очередь определяет коэффициент усиления в блоке **W1(s),** и должен обеспечить заданную характеристику переходного процесса.

Рассмотрим настройку блока *Оптимизация*:

*Режим оптимизации параметров* – **По полному переходному процессу**

В качестве параметров оптимизации мы используем время переходного процесса и максимальное значение в течении переходного процесса, соответственно оптимизация должна рассчитываться по всему переходному процессу.

Блок может вычислять оптимальные параметры и во время переходного процесса, но для этого необходимо использовать критерии оптимизации рассчитываемые в каждый момент времени.

*Периодичность анализа критериев оптимизации при расчете в динамике* – **1**

Данный параметр используется при расчете критериев оптимизации в динамике можно оставить значение по умолчанию.

*Начальное приближение выходов блока* – **[1]**

В данном параметре задаётся вектор начальных значений оптимизируемых параметров, в нашем случае оптимизируемый параметр один k1.

*Минимальные значения выходов блока* - **[0]**

*Максимальное значение выходов блока* - **[10]**

Данными параметрами мы ограничиваем диапазон поиска оптимальных параметров системы.

*Абсолютная точность подбора значений выходов* – **[0.001]**

Это значение задаёт точность при расчете оптимизируемых параметров.

*Начальное приращение выходов* - **[0.001]**

Это значение задает первый шаг приращения при подборе значений оптимума. Чем больше шаг тем быстрее меняются подираемые значения в начале поиска оптимума, но при этом есть шанс что оптимальное значение будет пропущено, мы задаем в нашей задаче шаг равный точности, это замедляет расчет но гарантирует поиск с заданной точностью.

*Минимальные значения входных критериев оптимизации* - **[0.76,0]**

В нашем примере вектор критериев состоит из двух критериев оптимизации:

первое значение – величина перерегулирования, по условию задачи мы должны на выходе попасть в трубку 5% от заданной величины, что составляет 0,04, этому соответствует минимальное значение **0,76**

второе значение – время переходного процесса. Минимальное время у нас не ограничено, чем меньше, тем лучше поэтому оставляем **0**.

*Максимальные значения входных критериев оптимизации* - **[0.8,20]**

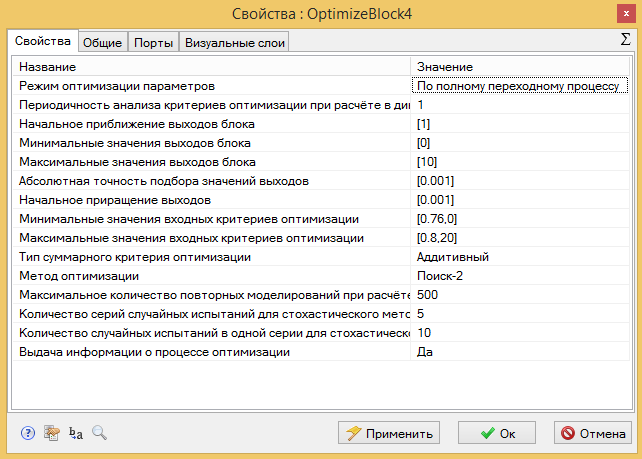
По требованию задачи у нас не должно быть перерегулирования максимальное значение первого критерия 0.8, время переходного процесса должно быть не более 20 секунд.

Тип суммарного критерия оптимизации - Аддитивный

*Метод оптимизации* – **Поиск-2**.

Остальные параметры можно оставляем по умолчанию. См. рисунок 1.8

Нажмите кнопку ОК. Таким образом мы настроил блок оптимизации.

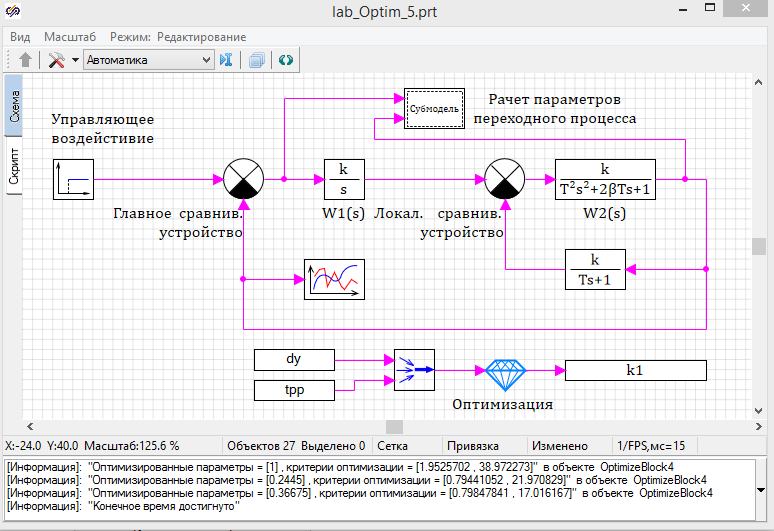


**Рисунок 1.8 Настройка блока оптимизация**

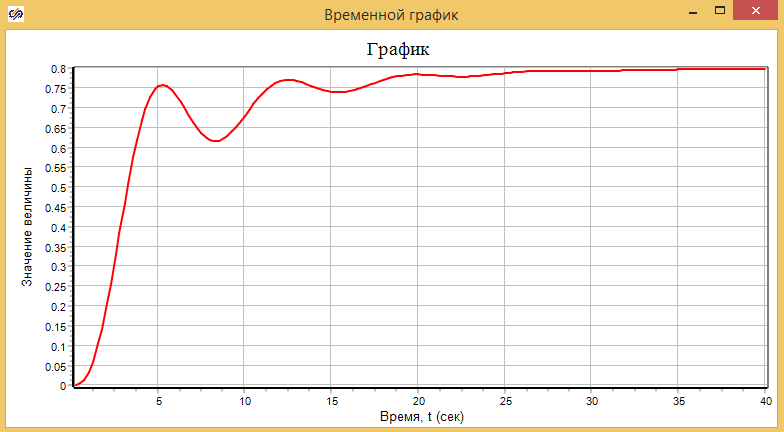
## Расчет оптимального регулятора

При нажатии на кнопку Пуск в главном окне происходит запуск расчета. Обратите внимание, что при добавленном блоке оптимизации в режиме «***Оптимизации по полному переходному процессу***», схема SimInTech рассчитывается не один раз в динамике, а несколько повторных раз до получения оптимального результата. В нашем случае в окне сообщений, в нижней части схемного окна появляется информация об оптимизированном параметре и достигнутых критериях оптимизации.

Найден оптимальный параметр 0,36675, при котором конечное значение регулируемой величины 0,798 и время переходного процесса 17,016 сек (см. Рисунки 1.9 – 1.10).

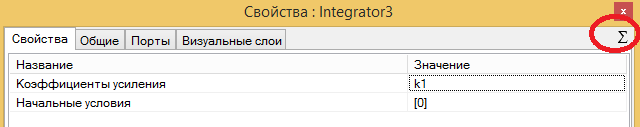


**Рисунок 1.9 Окно сообщений о завершении расчета**

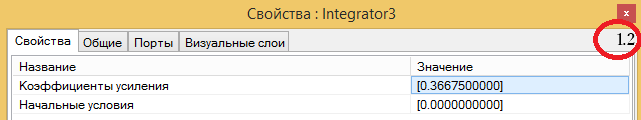


**Рисунок 1.10 График оптимизированного переходного процесса**

Для того что бы посмотреть значение сигнала **k1,** в который записано оптимизированное значение коэффициента, дважды кликните на блоке W1(s), в диалоговом окне можно менять отображение свойств либо в виде переменных, либо в виде их рассчитанных значений, для переключения служит символ правом верхнем углу окна. (см. Рис. 1.11 -1.12)

****

**Рисунок 1.11 Свойства интегратора в виде выражений**



**Рисунок 1.12 Свойства интегратора в виде значений**

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Демонстрационно-ознакомительная задача на этом завершена. Сохраните задачу на диск... Рассмотренные в настоящей работе базовые приемы работы используются при ежедневной работе в среде SimInTech, однако здесь рассмотрен только самый минимальный набор возможностей программы.