

Оценка динамических свойств системы при имитационном моделировании.

В.А. ГРИГОРЬЕВ

Введение

Часть 1

1. Оценка качества переходного процесса при воздействии ступенчатой функции.
2. Интегральные критерии качества. Блок-схема программы параметрической оптимизации.

Часть 2

1. Статистические оценки свойств системы управления при случайных координатных и параметрических возмущениях.
2. Схема автоматизации синтеза, анализа и оптимизации динамики САУ

Введение

- При исследовании САУ решаются задачи обеспечения требуемых показателей качества переходного процесса:

- быстродействия,
- колебательности,
- перерегулирования,

характеризующих точность и плавность протекания переходного процесса в системе управления.

- Показатели качества, определяемые непосредственно по кривой переходного процесса, называют прямыми оценками качества.

Кривая переходного процесса может быть получена теоретически или экспериментально, в т.ч. на **имитационной модели (ИМ)**.

Качество переходного процесса может быть оценено:

- при воздействии **ступенчатой функции**;
- при **гармонических воздействиях**;
- в установившемся режиме;
- с помощью **корневых методов** оценки качества регулирования.
- **интегральными оценками** качества переходных процессов;
- **частотными методами** оценки качества переходных процессов.

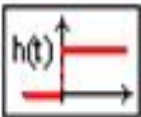
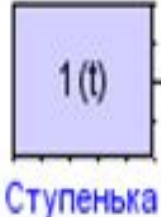
1. Оценка качества переходного процесса при воздействии ступенчатой функции.

Переходный процесс в системе является ее реакцией на внешнее воздействие, которое в общем случае может быть сложной функцией времени.

Обычно рассматривается поведение системы при следующих типовых воздействиях:

- **единичной ступенчатой функции $1(t)$,**
- импульсной функции $q(t)$,
- гармонической функции.

1.2. Ступенька

Вид в библиотеке	Вид в редакторе
	

Блок генерирует значение по закону:

$$y(t_m) = \begin{cases} y_0, & t_m < t, \\ y_1, & t_m \geq t, \end{cases}$$

Параметры:

1. Начальный уровень сигнала (y_0);
2. –Конечный уровень сигнала (y_1)
3. Время скачка (t) ($t \geq 0$).

версия 2017 г

Интегральные критерии качества

Оптимизация системы управления

- Оптимизация ведется по интегральному квадратичному критерию качества:

$$J = \int_0^{\infty} x^2(t) dt ,$$

где x - ошибка регулирования.

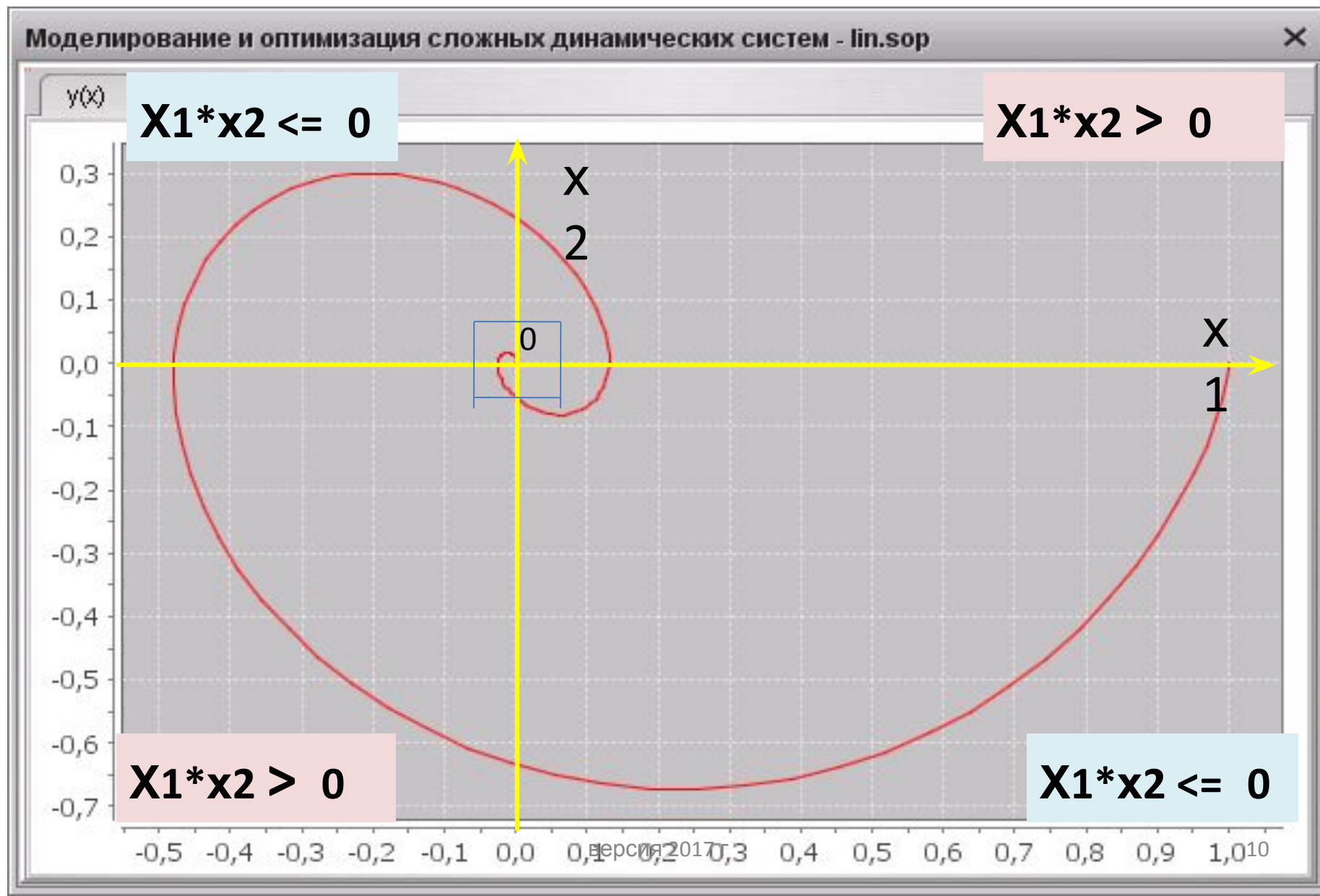
- Интегральные показатели качества служат для анализа качества процесса регулирования.



Полученный переходный процесс



Полученная фазовая характеристика процесса



ИНТЕГРАЛЬНЫЕ КРИТЕРИИ (знать порядок моделирования)

- IAE

$$J = \int_0^{\infty} |x(t)| dt,$$

- приводит к менее колебательным процессам (по сравнению с ISE).

- ITAE

$$J = \int_0^{\infty} |x(t)| t dt$$

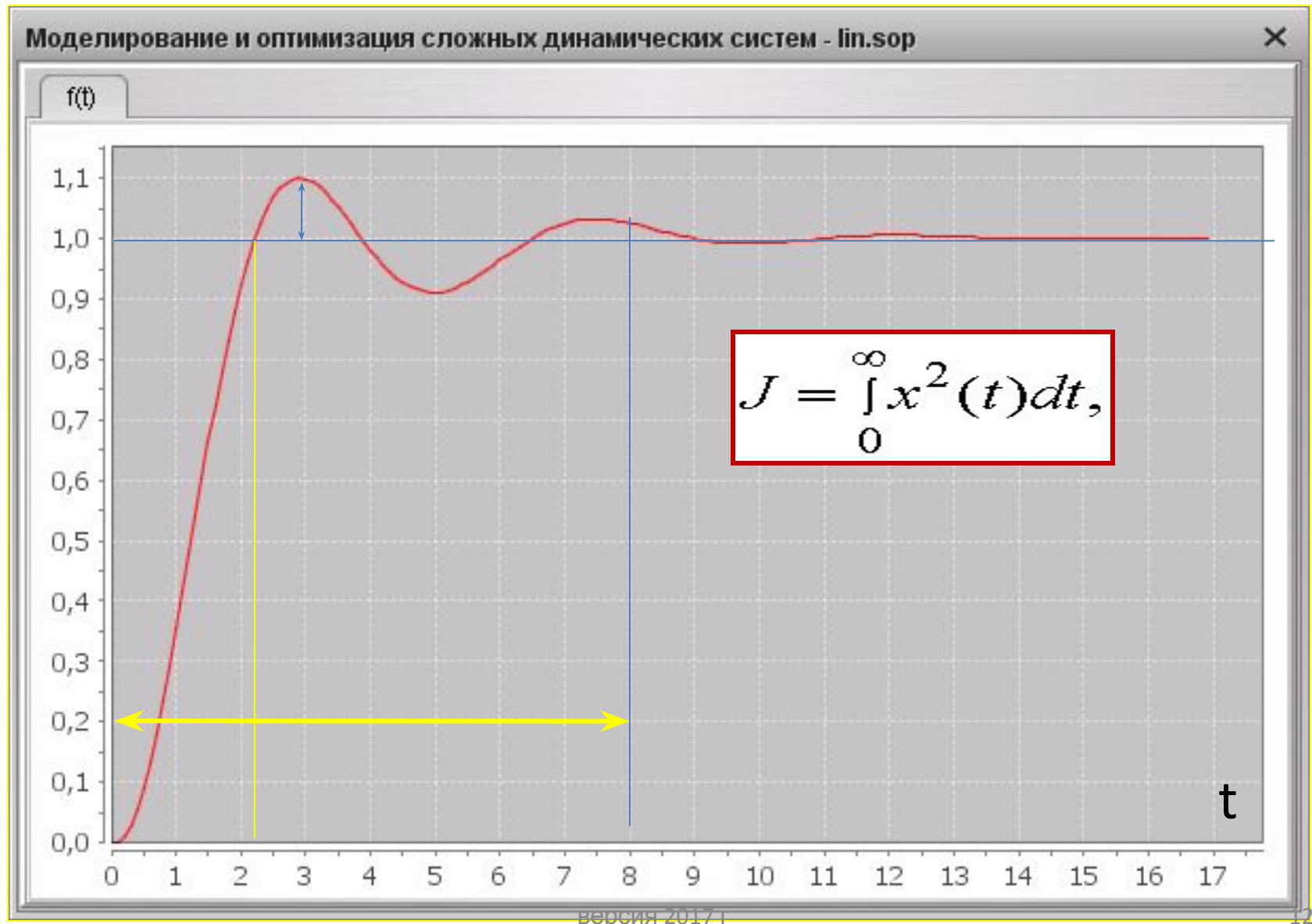
- ISE

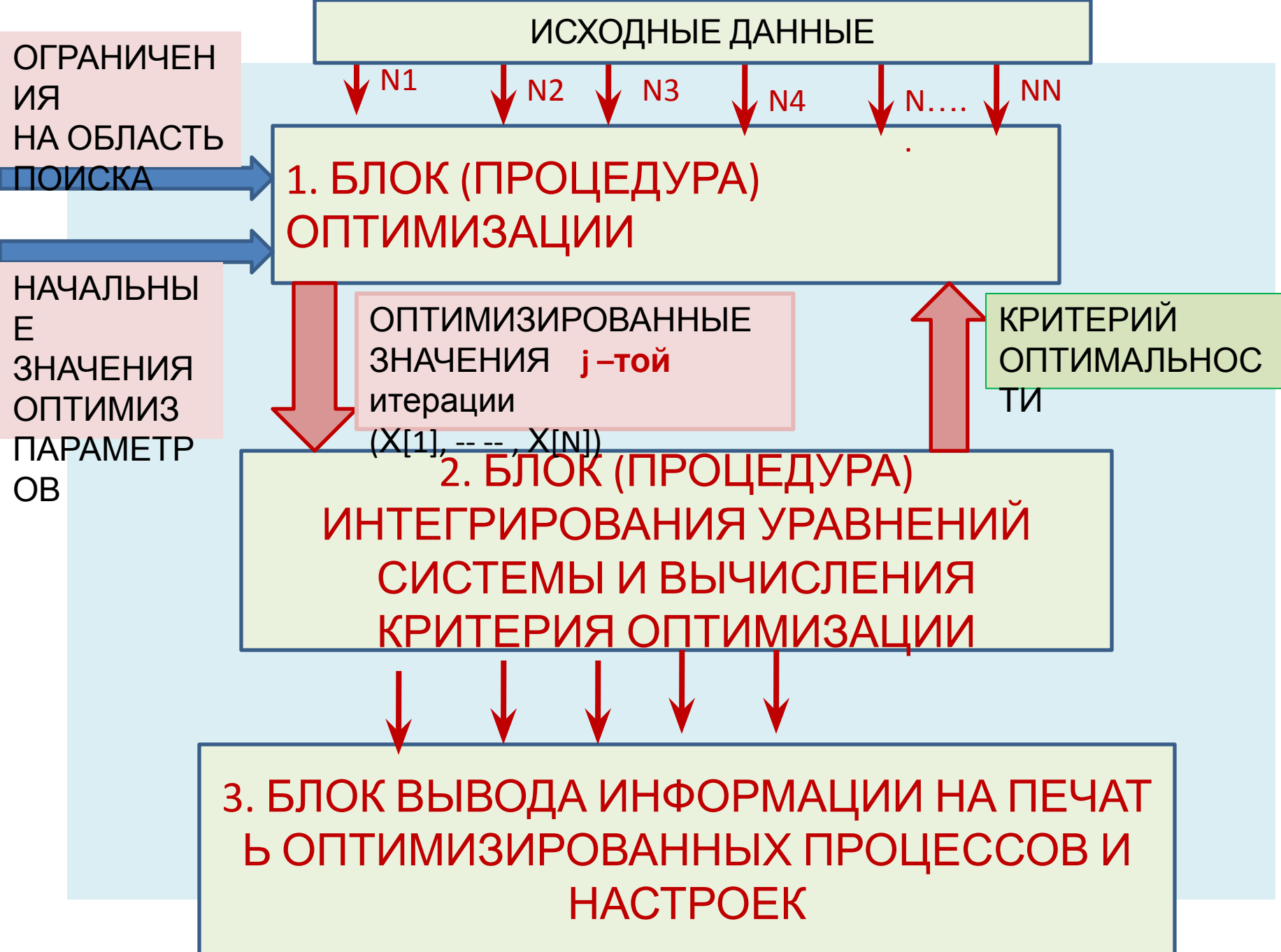
$$J = \int_0^{\infty} x^2(t) dt,$$

- ITSE

$$J = \int_0^{\infty} x^2 t dt,$$

Переходный процесс после оптимизации



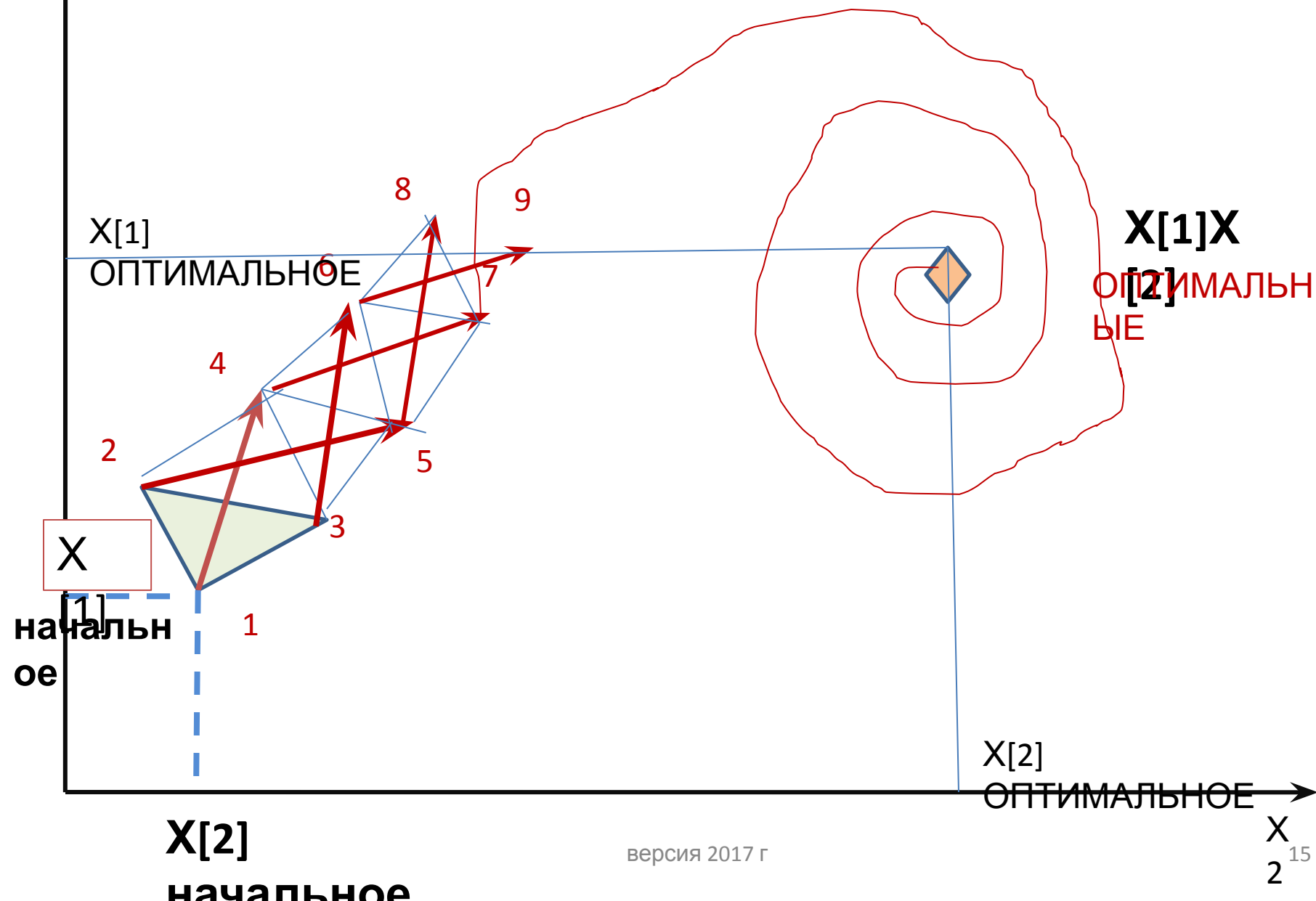


Взаимодействие блоков

- В блоке 1 рассчитывается совокупность значений ($X[1]$, -- -- , $X[N]$) для каждой пробной точки и передаётся в блок 2 для прогона ИМ.
- В блоке 2 рассчитывается критерий оптимизации и передаётся в блок 1, где на основании алгоритма оптимизации находится новая точка для поиска экстремума оптимизируемых параметров.
- В блоке 3 осуществляется печать оптимизированного переходного процесса, найденных настроек алгоритма управления, оптимального критерия.

Оптимизация на плоскости 2 параметров

Поиск локального экстремума



Метод Нелдера-Мида

- Данный метод состоит в том, что для минимизации функции n переменных в n -мерном пространстве строится многогранник, содержащий $(n + 1)$ вершину.
- Очевидно, что каждая вершина соответствует некоторому вектору X .
- Вычисляются значения целевой функции $f(x)$ в каждой из вершин многогранника, определяются максимальное из этих значений и соответствующая ему вершина, минимальное (вершина) и значение следующее за наибольшим (вершина).
- Через точку и центр тяжести остальных вершин проводится проецирующая прямая, на которой находится точка с меньшим значением целевой функции, чем в вершине. Затем из многогранника исключается вершина. Из оставшихся вершин и полученной точки строится новый многогранник, с которым повторяется описанная процедура.

ЧАСТЬ 2

3. Статистическая оценка свойств системы при случайных возмущениях

- В практике моделирования систем информатики наиболее часто приходится иметь дело с объектами, которые в процессе своего функционирования содержат элементы стохастичности или **подвергаются стохастическим воздействиям внешней среды**.
- Поэтому основным методом получения результатов с помощью имитационных моделей таких **стохастических систем** является **метод статистического моделирования** на ЭВМ, использующий в качестве теоретической базы предельные теоремы теории вероятностей.

Общая характеристика метода статистического моделирования

- На этапе исследования и проектирования систем при построении и реализации машинных моделей (аналитических и имитационных) широко используется **метод статистических испытаний (Монте-Карло)**, который базируется на использовании случайных чисел, т. е. возможных значений некоторой случайной величины с заданным распределением вероятностей.
- **Статистическое моделирование** представляет собой метод получения с помощью ЭВМ статистических данных о процессах, происходящих в моделируемой системе.
- Для получения представляющих интерес оценок характеристик моделируемой системы S с учетом воздействий внешней среды E статистические данные обрабатываются и классифицируются с использованием **методов математической**

Статистическое моделирование систем на ЭВМ требует формирования значений случайных величин, что реализуется **с помощью датчиков (генераторов) случайных чисел.**

- Целью моделирования является оценка математического ожидания $M[y]$ величины y .
- В качестве **оценки математического ожидания $M[y]$** , как следует из теорем теории вероятностей, может выступать среднее арифметическое, **вычисленное** по формуле

$$\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i$$

- При этом случайные числа получают путем выборки значений случайной величины с функцией распределения, созданной по наблюдаемым системным данным.
- Программа должна содержать команду, позволяющую выполнять независимые повторения (репликации) или прогоны имитационной модели.

Это означает, что

- для каждого из прогонов используются отдельные наборы разных случайных чисел;
- для каждого прогона применяются одни и те же исходные условия;
- при каждом прогоне статистические счетчики переводятся в исходное состояние.

Статистические оценки качества регулирования.

- Для анализа точности САУ при случайных возмущениях используются программы статистических испытаний.

Блок - схема программы статистических испытаний

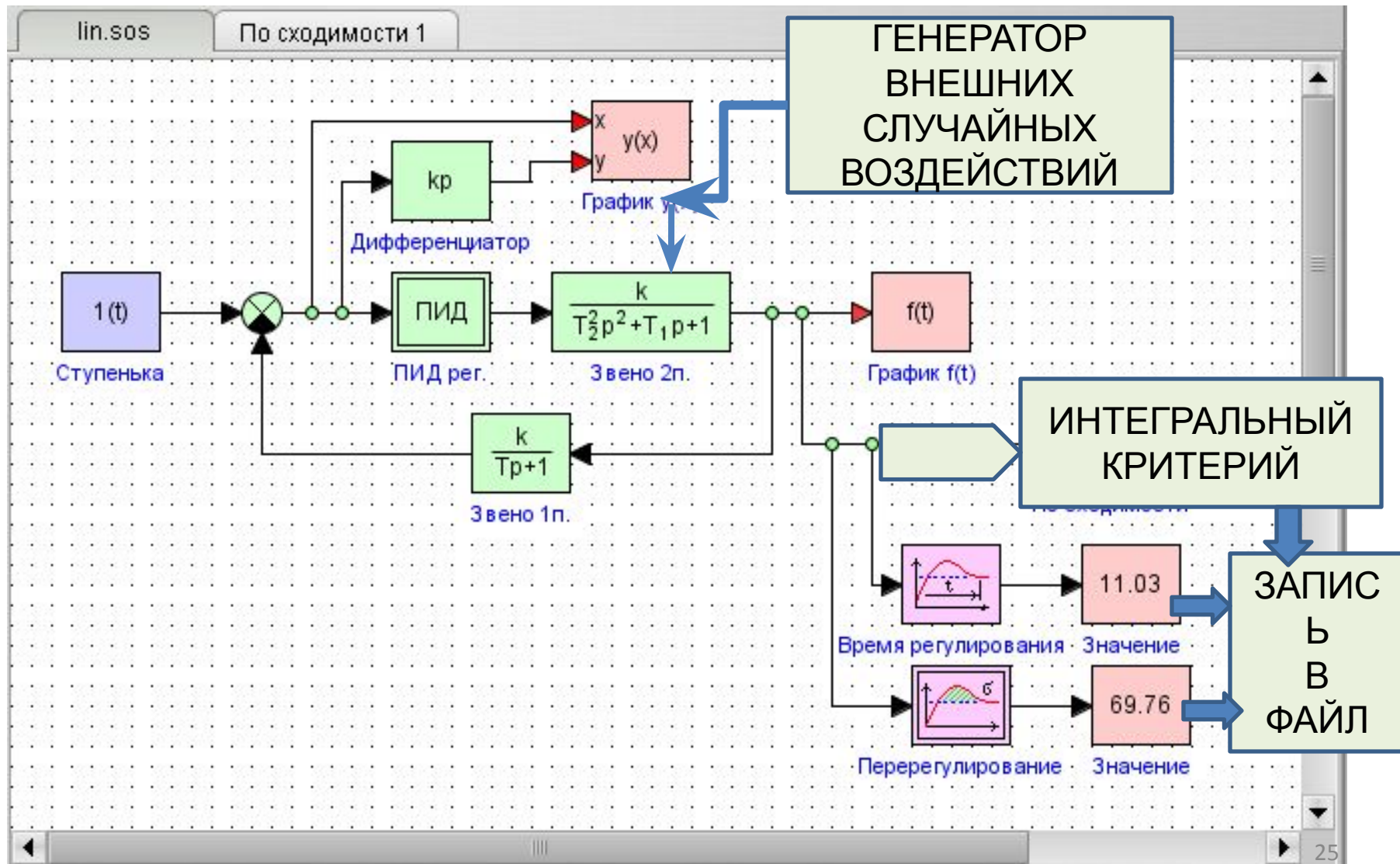
- L-интегральный критерий качества



- σ – перерегулирование
- t_p - время переходного процесса

- Блок 1 генерирования случайных чисел для каждой i - той выборки позволяет получить случайные числа **с заданным законом распределения** (например нормальным).
- В блоке 2 для каждой i - ой выборки случайных чисел $\lambda^{(i)}$ определяются критерии качества L , t_p , σ или $Y_{\text{дин}}$. (Задаются диапазоны варьирования параметров)
- В блоке 3 по значениям определённых критериев $L^{(i)}$, $t_p^{(i)}$, $\sigma^{(i)}$ вычисляются значения математического ожидания и дисперсии $M_N[\lambda]$, $D_N[\lambda]$.

ПОДГОТОВКА ДАННЫХ ДЛЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА



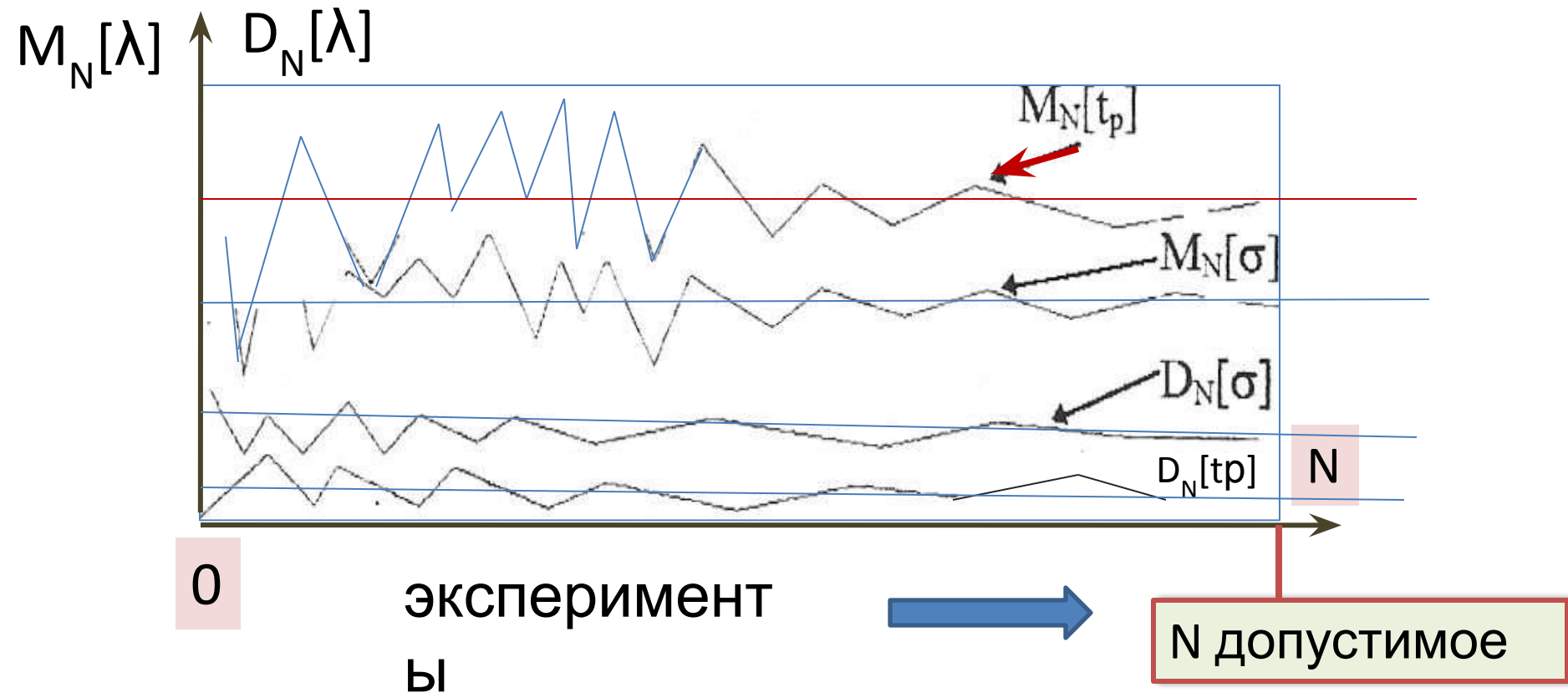
Переходный процесс



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФАЗОВОГО ПОРТРЕТА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИКИ ПРИ ИМ



Использование рекуррентных алгоритмов для вычисления
математического ожидания $M_N[\lambda]$
и дисперсии $D_N[\lambda]$



4. Схема автоматизации синтеза, анализа и оптимизации

Априорная

