

## Лекция 7

# Методика расчета показателей живучести ВС. Континуальный подход к анализу живучести большемасштабных ВС.

**Ткачёва Татьяна Алексеевна**

преп. Кафедры вычислительных систем  
Сибирский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики

**Created by:**

Пазников Алексей Александрович  
к.т.н. доцент Кафедры вычислительных систем

- Методика расчёта координат вектор-функций (5), (7), (11) остаётся неизменной по сравнению с методикой расчёта функций надёжности, восстановимости и готовности ВС со структурной избыточностью.
- Если в расчётных формулах заменить  $n$  на  $k$ , то получим формулы для координат соответствующих характеристик живучести.
- Функции потенциальной живучести ВС и занятости восстанавливающей системы могут быть рассчитаны по известной схеме ТМО.

Пусть известно распределение вероятностей состояний системы  $\{P_j(i, t)\}$ ,  $j, i \in E_0^N$ ,  $i$  – начальное состояние ВС. Тогда мат. ожидание числа работоспособных ЭМ

$$n(i, t) = \sum_{j=0}^N j P_j(i, t), \quad (20)$$

а среднее число занятых ВУ

$$m(i, t) = m \sum_{j=0}^{N-m} P_j(i, t) + \sum_{j=N-m+1}^N (N - j) P_j(i, t) \quad (21)$$

- Из формул (20), (21) следует, что сложность вычисления функций потенциальной живучести ВС и занятости восстанавливающей системы не менее сложности расчёта функции готовности ВС.
- Однако расчёт не может быть сделан без ЭВМ для необходимых значений  $N$  (от 10 до  $10^6$ ).

Кардинальный путь может быть основан на новой стохастической модели функционирования ВС, которая:

1. была бы воплощением принципа квазианалогии;
2. приводила бы к простым формулам, допускающим расчёт без применения ЭВМ для больших значений  $N$

При исследовании потенциальной живучести ВС вместо рассмотрения всего его пространства состояний  $E_0^N = \{0, 1, \dots, N\}$ , т.е. учёта функционирования *каждой ЭМ*, можно изучать поведение системы в целом как ансамбля большого числа идентичных ЭМ.

Подход основан на допущении, что в любой момент времени производительности ВС и восст. системы пропорциональны соответственно не случайному числу исправных ЭМ и занятых ВУ, а математическим ожиданиям соответствующих чисел.

Допущение естественно для *большемасштабных* ВС, в которых случайности, связанные с выходом из строя ЭМ, их восстановлением, включением ВУ в ремонт ЭМ или освобождением ВУ, *мало сказываются на значениях суммарной производительности систем.*

Случайности, связанные с выходом из строя и освобождением ВУ, *сказываются, если количество работоспособных ЭМ становится небольшим или если чисто занятых ВУ становится близким к  $m$ .* Однако вероятности таких событий *чрезвычайно малы.*

В работах по исследованию операций установлено, что при описании динамики боя допустима **замена случайного числа его средним**, если число элементов в каждой из систем противников не менее 50.

Показано, что такая замена применительно к ВС допустима, **даже если число элементов (ЭМ) на порядок меньше**. Т.к. в бою имеются два процесса взаимоуничтожения сторон, в ВС – только один процесс уничтожения (поток отказов), и другой процесс, приводящий к регенерации ресурсов (процесс восстановления).

При изучении потенциальной живучести ВС за основу берётся стохастическая модель функционирования. Производительность в любой момент времени  $t \geq 0$  определяют машины **вычислительного ядра**, т.е. те ЭМ, которые непосредственно используются для реализации адаптирующихся параллельных программ.

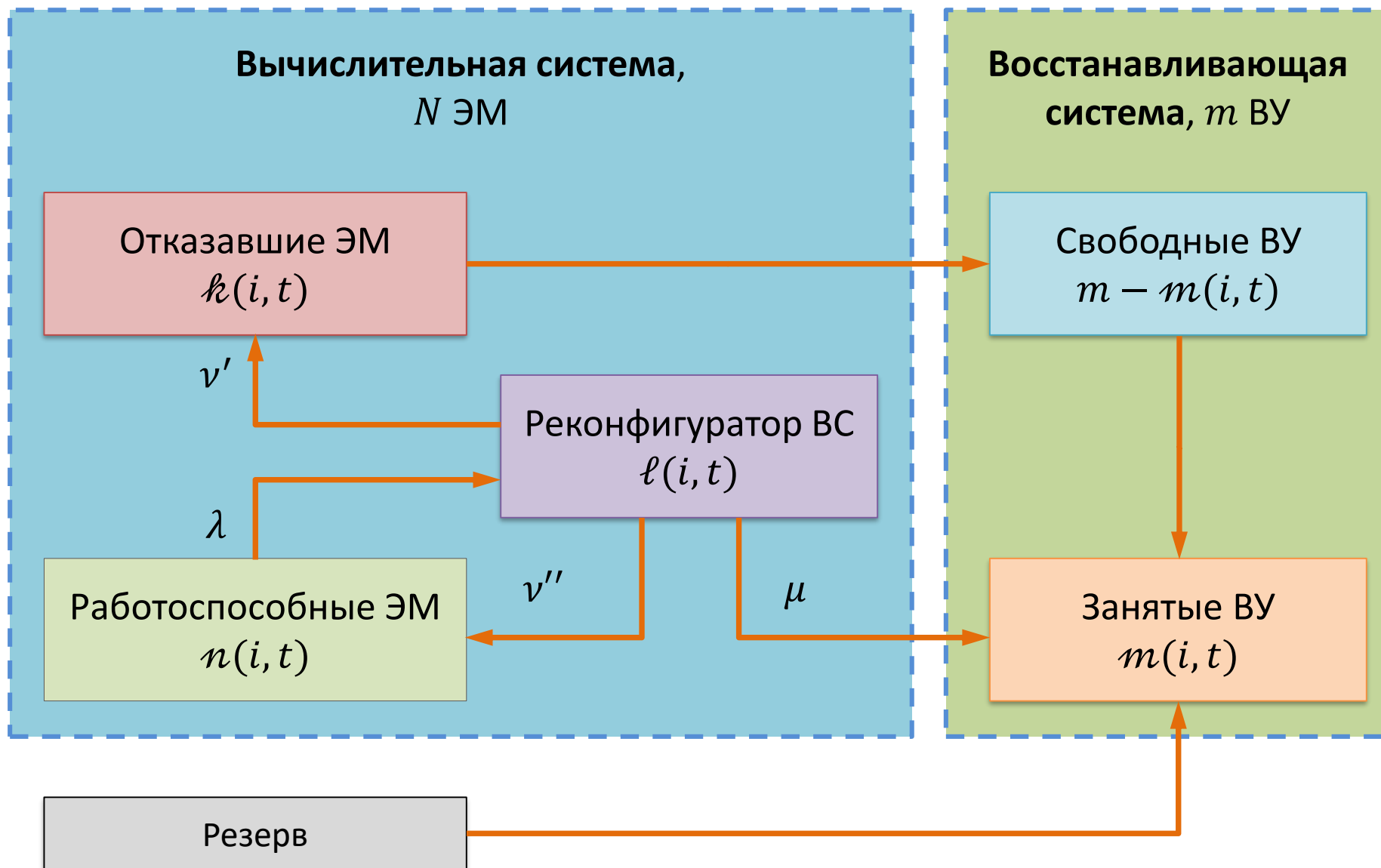
- Пусть  $n(i, t)$  – математическое ожидание числа работоспособных ЭМ, на которых выполняется в момент  $t \geq 0$  адаптирующаяся программа,
- $i$  – число работоспособных машин при  $t = 0$ , т.е.  $n(i, 0) = i$ ,  $i \in E_0^N$ .
- Считаем, что  $n(i, 0)$  машин в момент  $t \geq 0$  составляют вычислительное ядро ВС.



- В случае отказа ЭМ «покидает» вычислительное ядро и берётся на учёт реконфигуратором.
- Пусть  $\ell'(i, t)$  – среднее число отказавших ЭМ, учитываемых реконфигуратором ВС в момент  $t \geq 0, i \in E_0^N$ .
- **Реконфигуратор** исключает из вычислительного ядра отказавшие ЭМ, образует из оставшихся ЭМ связную подсистему, сокращает число параллельных ветвей в адаптирующейся программе и организует её выполнение на вычислительном ядре с новой структурой.
- $\nu'$  - интенсивность переключения отказавших ЭМ из ядра в число машин, подлежащих восстановлению.
- $k(i, t)$  – математическое ожидание числа отказавших машин, учитываемых восстанавливающей системой.

- $m(i, t)$  – среднее число устройств, занятых восстановлением отказавших ЭМ;
- $\mu$  – интенсивность восстановления отказавших ЭМ одним ВУ. После восстановления ЭМ поступают в реконфигуратор.
- Пусть  $\ell''(i, t)$  – среднее число восстановленных ЭМ, взятых на учёт реконфигуратором ВС.
- Включение восстановленных ЭМ в состав ядра осуществляется с интенсивностью  $\nu''$ .
- Среднее время  $1/\nu''$  такого включения зависит от
  - времени образования связного подмножества машин из существовавшего ядра и восстановленных ЭМ,
  - времени перенастройки параллельной программы на большее число ветвей
  - времени запуска программы на вновь созданном ядре.

# Модель функционирования живой ВС



Очевидно следующее равенство:

$$\ell(i, t) + k(i, t) + n(i, t) = N,$$

где  $\ell(i, t) = \ell'(i, t) + \ell''(i, t)$  - среднее число ЭМ, с которыми работает реконфигуратор ВС.

Учёт интенсивностей переключений  $\nu'$  и  $\nu''$  мало изменяет значения функций потенциальной живучести ВС и занятости восстанавливающей системы. Предположение о том, что *такие переключения мгновенны* практически оправдано. Поэтому далее будем считать  $1/\nu' = 1/\nu'' = 0$ ,  $\ell(i, t) = 0$ ,  $k(i, t) = N - n(i, t)$ ,  $i \in E_0^N$ .

Т.о., при анализе потенциальной живучести ВС *достаточно знать математическое ожидание числа работоспособных ЭМ и числа занятых ВУ* и не описывать дискретно каждое состояние системы (трудоёмкими методами ТМО).

Описанный подход назван **континуальным**.





Ф.Гойя «Сон на лекциях ТФРВС рождает чудовищ»