

- 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).

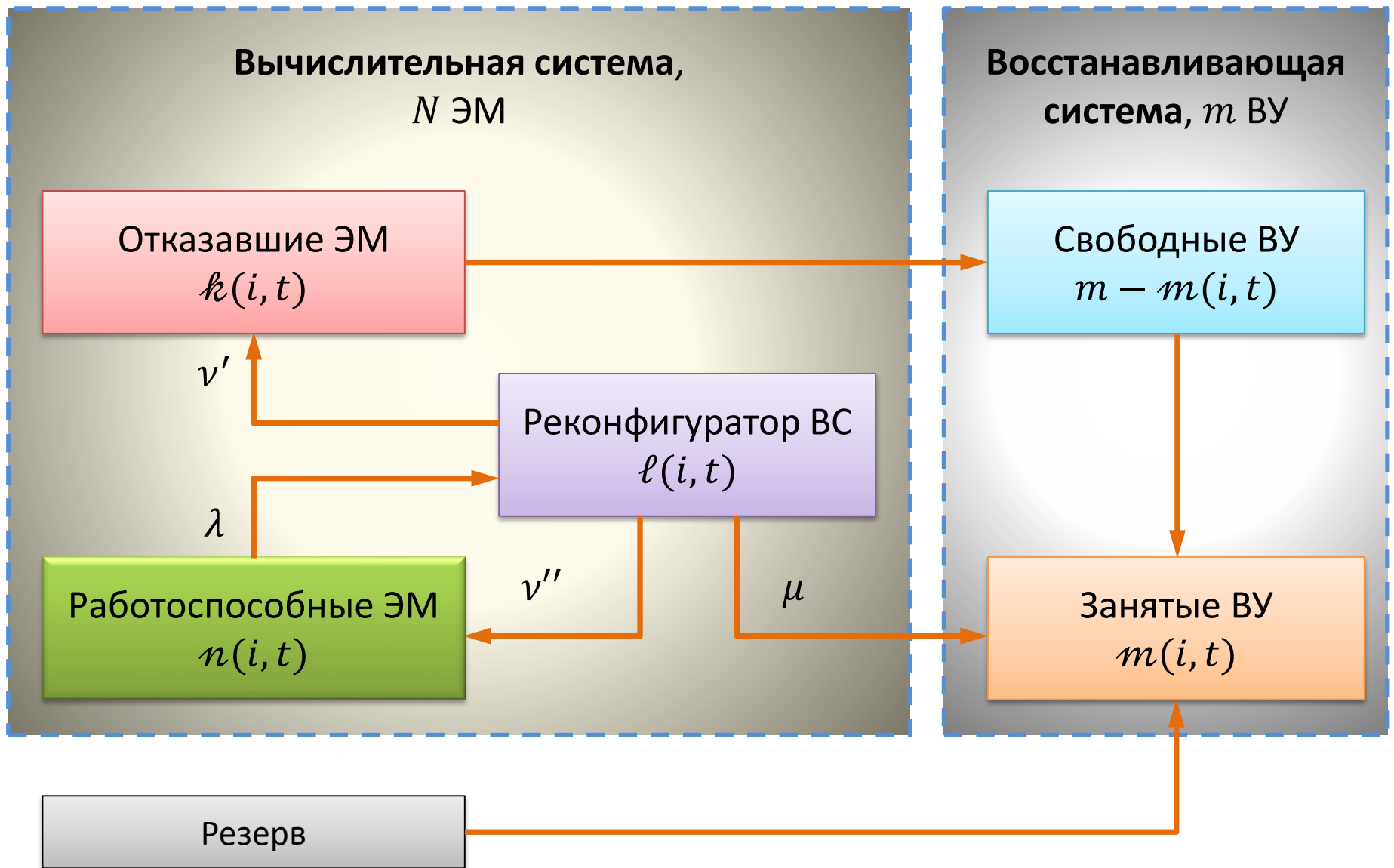
При изучении потенциальной живучести ВС за основу берётся стохастическая модель функционирования. Производительность в любой момент времени $t \geq 0$ определяют машины **вычислительного ядра**, т.е. те ЭМ, которые непосредственно используются для реализации адаптирующихся параллельных программ.

- 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.
- ν' - 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;
- μ – 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 ν'' .
- 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 ν' и ν'' 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**.