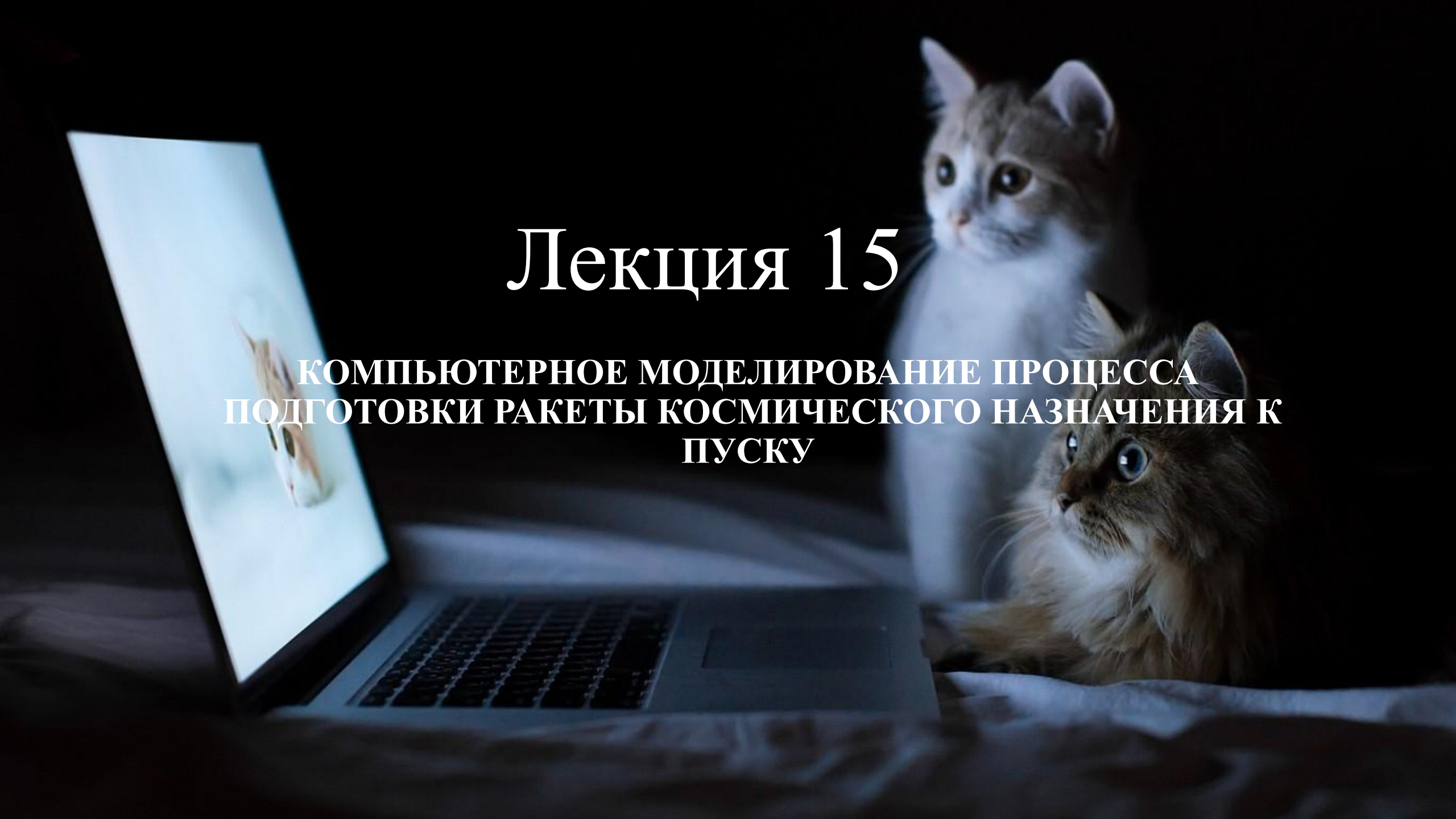
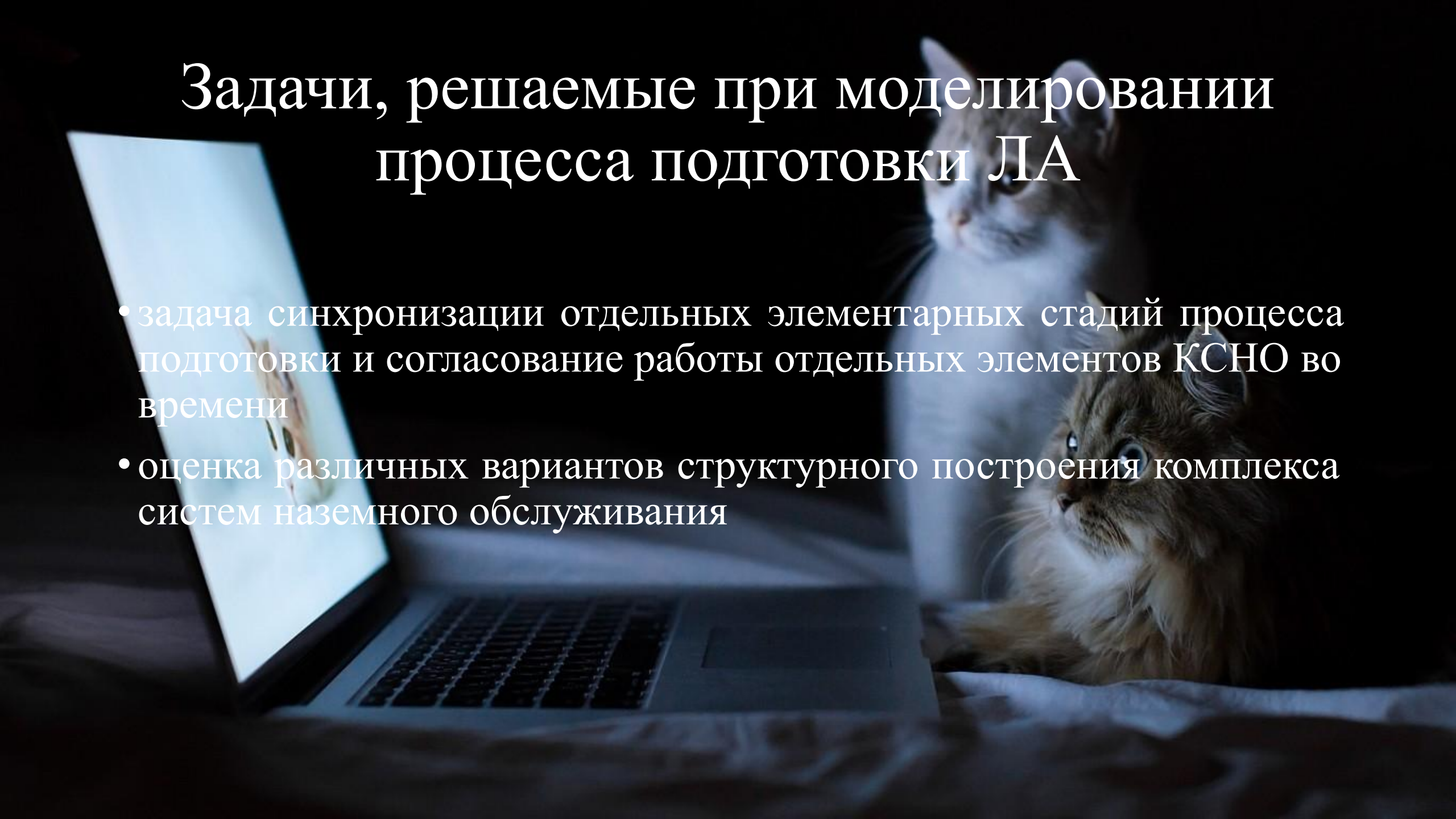


Лекция 15

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ РАКЕТЫ КОСМИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ К ПУСКУ

Задачи, решаемые при моделировании процесса подготовки ЛА



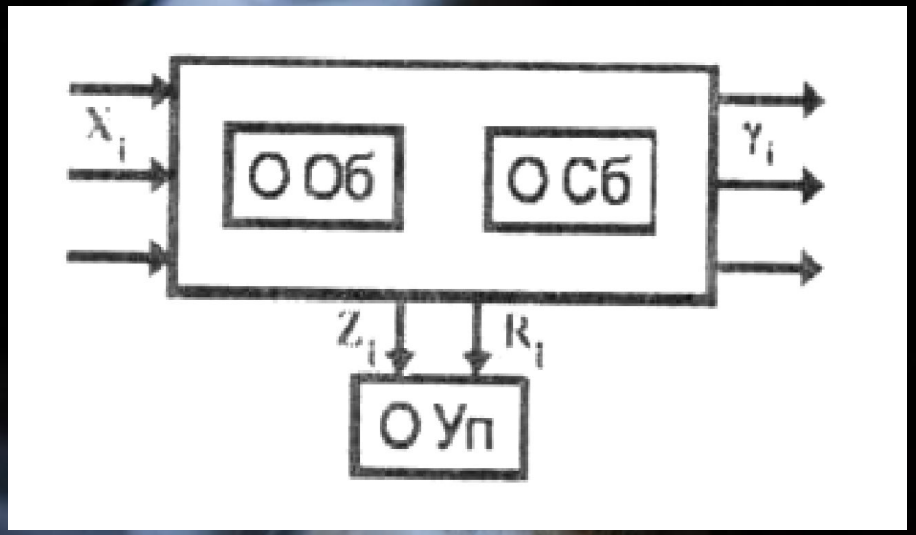
- задача синхронизации отдельных элементарных стадий процесса подготовки и согласование работы отдельных элементов КСНО во времени
- оценка различных вариантов структурного построения комплекса систем наземного обслуживания

Схема гипотетического техпроцесса

- X_i – входные (возмущающие воздействия);
- Y_i – выходные переменные (сигналы отклика, переменные состояния);
- R_i – управляющие сигналы;
- Z_i – наблюдаемые переменные;
- $O_{Об}, O_{Сб}, O_{Уп}$ – операции обработки, сборки и управления;

- Математическая модель технологического процесса:

$$\bar{Y}(t_i) = f[\bar{Y}(t_0); \bar{X}(t_i, t_0); \bar{R}(t_0, t_i)],$$



Абстрактные операции технологического процесса подготовки ЛА

- При построении математической модели процесса предстартовой подготовки ЛА можно ограничиться набором небольшого количества абстрактных операций: обработка, сборка и управление.
- Одним из наиболее существенных параметров любого подготавливаемого ЛА или его элемента является время начала данной технологической операции t_{ij}
- Следует помнить, что непрерывные и дискретные параметры, характеризующие подготавливаемый ЛА, в общем случае могут быть случайными, и поэтому для их представления необходимо иметь соответствующие законы распределения

Математическая модель операции обработки

- Операция обработки представляет собой элементарный акт технологического процесса подготовки ЛА или его элемента, в результате которого меняется значение хотя бы одного из параметров этого аппарата.
- К абстрактной операции обработки относятся, в частности, технологические операции, связанные с изменением размеров элемента ЛА (членение), его положения в пространстве (транспортировка, повороты, подъемы) и сообщающие ему дополнительный признак (окраска, проверка) и т. д.

Математическая модель операции обработки

- Значение параметров a_{2K} для момента времени $t^{К}$ после операции будут определяться соотношениями вида: $a_{2K} = a_{2K}(a_{11}, a_1, \dots, a_{1n}, b_1, b_2, \dots, b_n)$
- $K = 1, 2, \dots, n$ – количество параметров, характеризующих обслуживаемый ЛА или элемент;
- b_i – некоторые параметры, характеризующие обрабатывающий агрегат;
- $t^{К} = t^{Н} + \tau, \tau$ – длительность операции обработки.

Математическая модель операции обработки

- Момент начала операции определяется как

$$t_j^{\text{Н}} = \begin{cases} t_j^{\text{П}}, & \text{если } t_{j-1}^{\text{К}} + \tau_{j-1}^{\text{Г}} \le t_j^{\text{П}} \\ t_{j-1}^{\text{К}} + \tau_{j-1}^{\text{Г}}, & \text{если } t_{j-1}^{\text{К}} + \tau_{j-1}^{\text{Г}} > t_j^{\text{П}} \end{cases}$$

- t_j – момент поступления j-го ЛА к обрабатывающему агрегату;
- $\tau^{\text{Г}}$ – время, затрачиваемое на подготовку агрегата к выполнению следующей операции.

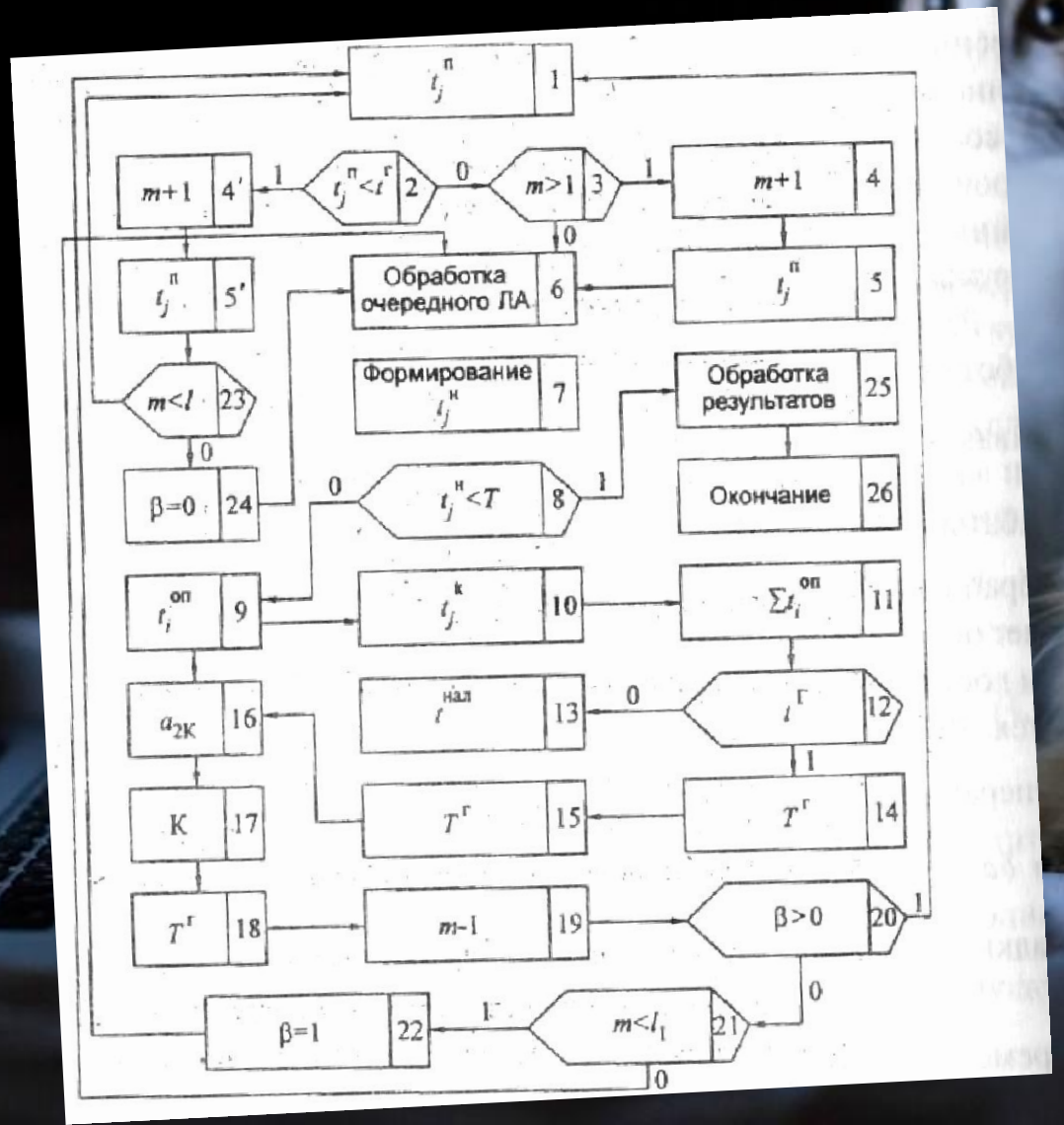
Математическая модель операции обработки

Время, затрачиваемое на подготовку агрегата к выполнению следующей операции, обычно является случайной величиной с показательным законом распределения:

$$f(\tau^{\Gamma}) = \lambda_{И} e^{-\lambda_{И}\tau^{\Gamma}}$$

- $\lambda_{И}$ – интенсивность отказов, зависящая от характеристик обрабатывающего агрегата и реже от характеристик обслуживаемого ЛА.

Блок-схема алгоритма операции обработки



Операторная схема алгоритма, моделирующего работу обрабатывающего агрегата, запишется в виде

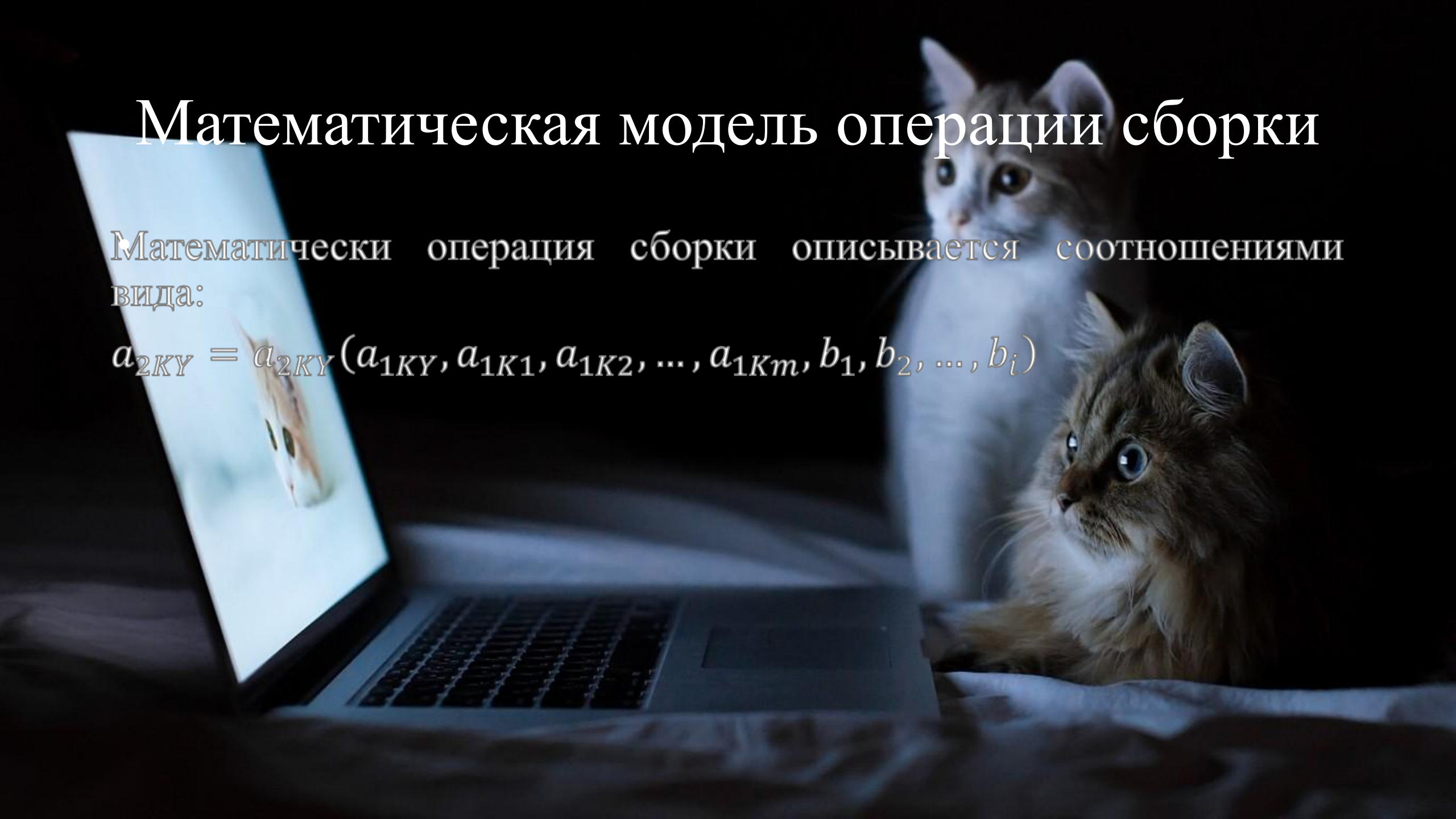
$$Ф_1 P_2 P_3 K_4 A_5 F_6 F_7 P_8 Ф_9 A_{10} A_{11} P_{12}$$

$$Ф_{13} Ф_{14} A_{15} Ф_{16} K_{17} F_{18} K_{19} P_{20} P_{21} F_{22} K_4 A_5 P_{23} F_{24} A_{25} Я_{26}$$

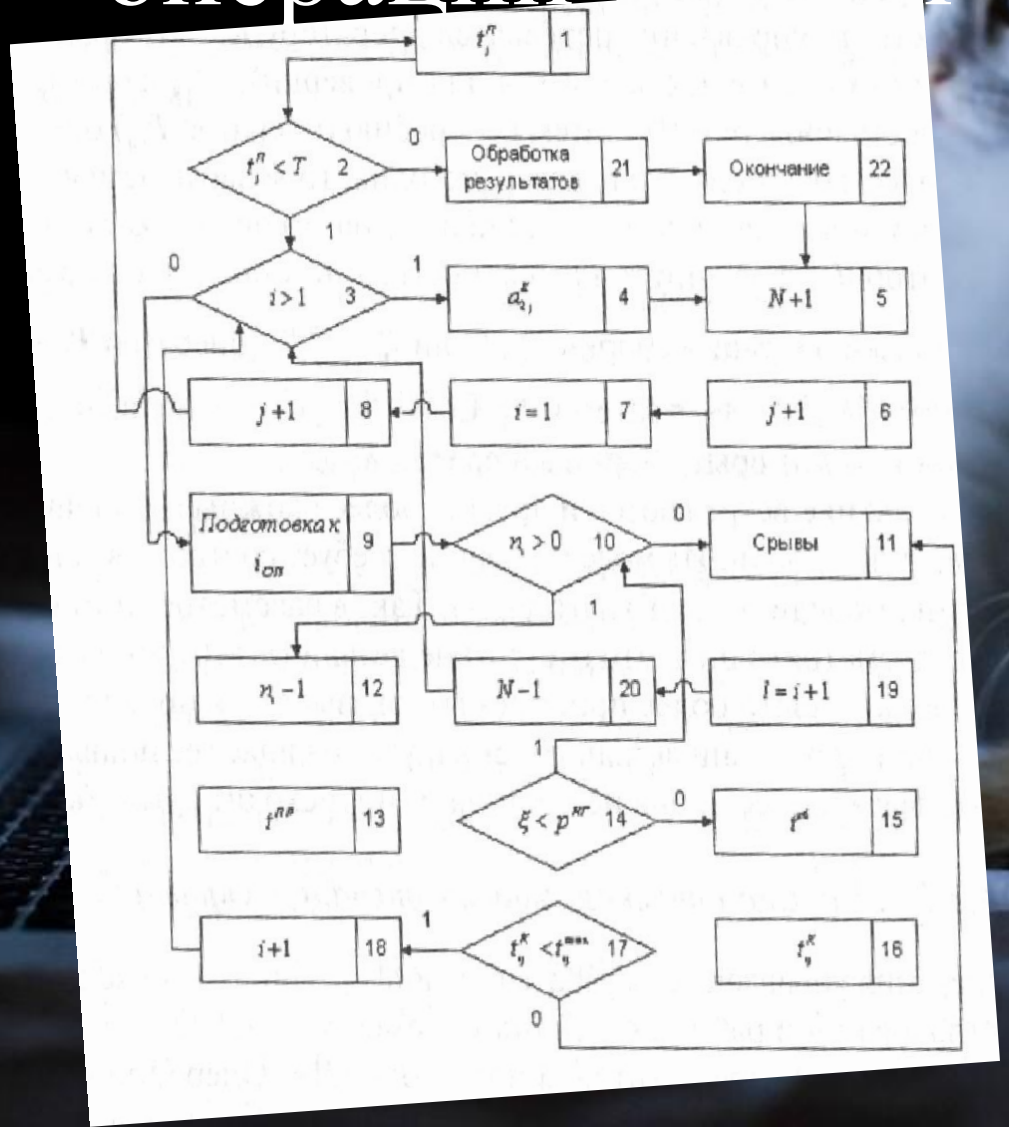
Математическая модель операции сборки

- Математически операция сборки описывается соотношениями вида:

$$a_{2KY} = a_{2KY}(a_{1KY}, a_{1K1}, a_{1K2}, \dots, a_{1Km}, b_1, b_2, \dots, b_i)$$



Блок-схема моделирующего алгоритма операции сборки



Математическая модель операции управления

Информацию о требуемых изменениях в режимах работы отдельных агрегатов технологического оборудования можно записать в виде:

$$\Delta b_{Ki} = \Delta b_{Ki}\left(a_{1i}; a_{2,i-1}; b_{K,i-1}\right),$$

- b_{Ki} – параметры технологического оборудования на i-й операции,
- $K = 1,2, \ldots, m$;
- a_{1i}, a_{2i} — параметры обслуживаемого ЛА или его элемента до начала i-й операции и после ее окончания соответственно;
- Δb_{Ki} — поправка, вносимая в параметры технологического оборудования.