

Методология имитационного моделирования.

Под имитационным моделированием понимают численный метод проведения на ЭВМ экспериментов с математическими моделями сложных систем с учетом воздействия на них случайных факторов.

Независимо от конкретных особенностей моделируемой системы, построение и использование имитационной модели выполняется в 7 этапов:

1. формулировка цели моделирования
2. построение математических моделей составляющих систему
3. предварительная оценка адекватности моделей и системы в целом
4. разработка моделирующего алгоритма и программы для ЭВМ
5. проверка пригодности алгоритма и программы
6. планирование и проведение машинных экспериментов, получение результатов, их обработка и корректировка моделирующего алгоритма
7. формирование системы управления совокупности процессов составляющих систему

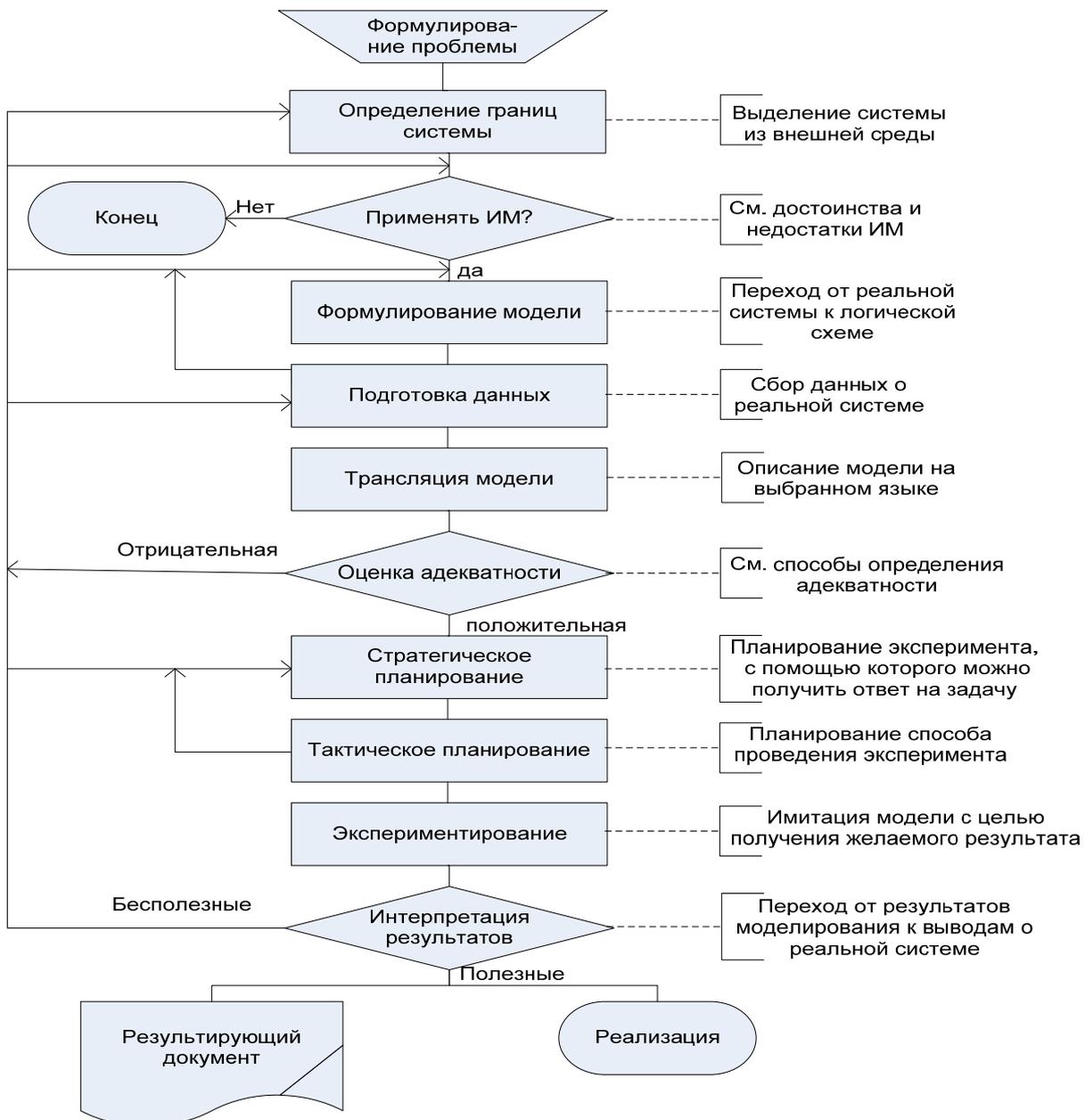


Рис.

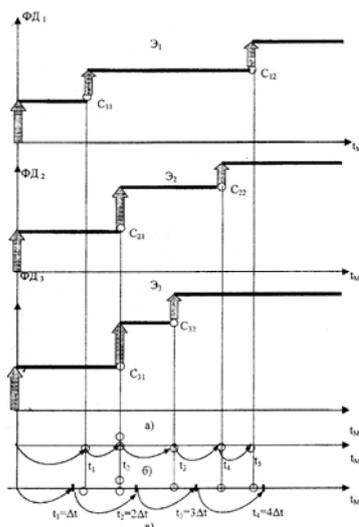
Блок-схема процесса имитации

Формулировка целей моделирования:

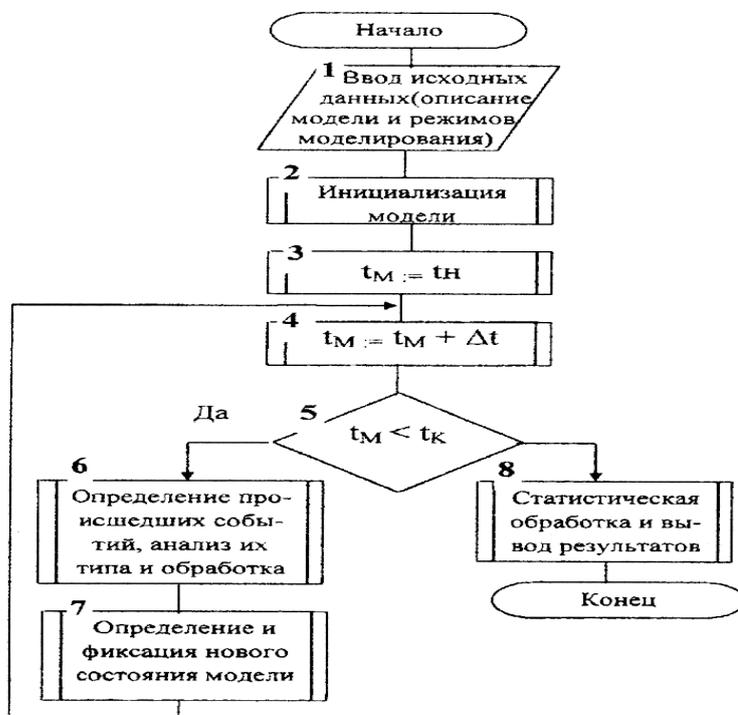
1. оценка влияния структурных изменений на выходные характеристики системы

2. прогнозирование поведения (траектории) системы в будущем
3. реконструкция поведения системы в прошлом
4. оценка влияния изменения параметров элементов системы на ее свойства
5. сравнительная оценка различных принципов и алгоритмов управления
6. оптимизация системы по критериям (качество, затраты)

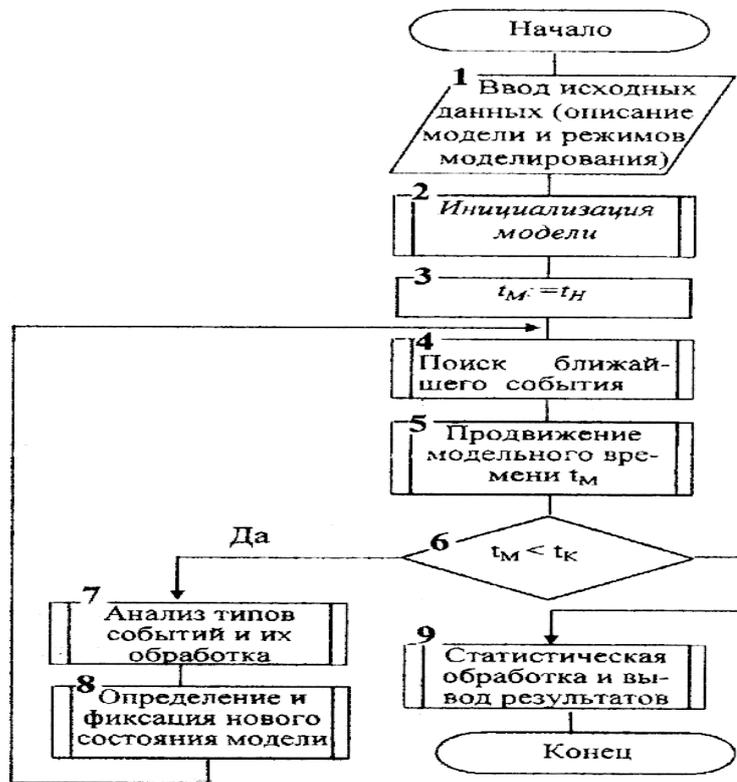
Принципы построения моделирующих алгоритмов. Основной проблемой, с которой сталкивается разработчик моделирующих алгоритмов, является представление различных процессов изменения состояния системы, протекающих параллельно во времени, в виде последовательного моделирующего алгоритма. Одним из способов решения этой проблемы является “принцип Δt ”. Интервал времени моделирования $[0; T_M]$ разбивается на интервалы фиксированной длины Δt ; затем на каждом интервале последовательно вычисляется приращение величин Δx , Δy , Δz ; имитируются, если это необходимо, изменения параметров модели; вычисляются новые значения переменных $x(t+\Delta t)$, $y(t+\Delta t)$, $z(t+\Delta t)$.



Пример вариантов продвижения модельного времени а) функциональные действия, б) событийный способ, в) способ Δt



Алгоритм моделирования на основе постоянного приращения модельного времени



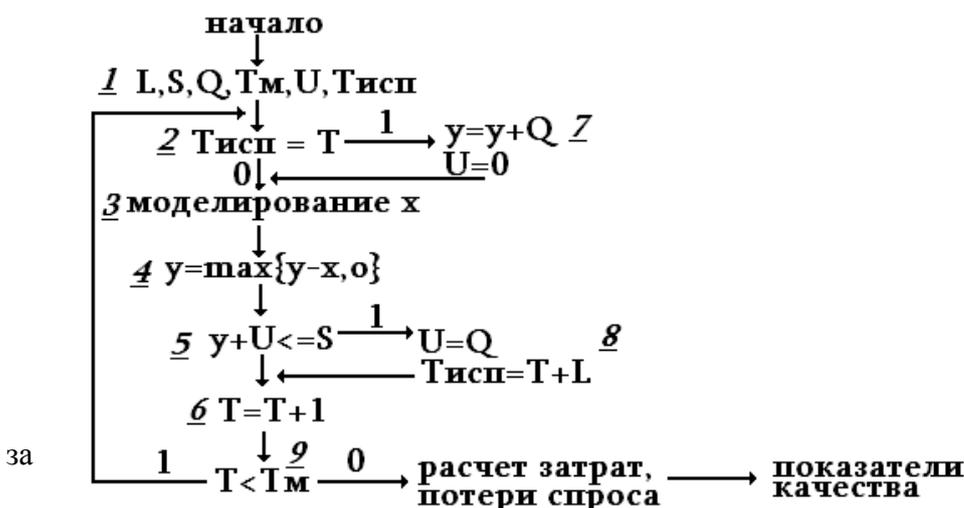
Алгоритм событийного моделирования

Пример использования принципа Δt в моделирующем алгоритме функционирования системы управления запасами. Система характеризуется следующими особенностями:

1. уровень спроса продукции хранящейся в системе является случайной величиной x с известным законом распределения
2. потери неудовлетворенных заказов, если превышаетея объем имеющегося в наличии запаса
3. последовательность событий в течение каждого дня работы системы:
 - учет пополнения продукта (если он поступил)
 - осуществление поставки продукта на производство и отгрузки готового продукта потребителю
 - оценка оставшегося объема продукта и запасов сырья
 - оформление очередного заказа на пополнение запасов
4. стратегия пополнения запасов заключается в заказе фиксированного количества продукта Q , который осуществляется, если сумма наличного продукта, сырья Q_p и Q_c и заказанного объема U не больше критического уровня этих материалов, называемого точкой заказа
5. заказ, оформленный в день $T=1,2,3, \dots, T_m$ исполняется в день $T+L$, где L - фиксированная величина

На предприятиях СМ минимальное моделируемое время хранения сырья равно 10 суткам, а моделируемая система управления запасами должна рассчитываться на 3 месяца.

Моделирующий алгоритм функционирования системы управления запасами по принципу Δt :



y - оценка оставшегося объема продукта,
 x - объем поставки
 В 1 блоке задаются числовые значения величин и присваиваются начальные значения переменным (заказанный объем $U=0$, срок исполнения заказа $T_{исп}=0$).

Во 2 блоке принимается время исполнения заказа. Если это время возможно исполнение заказа, то переходим к блоку 3,

если невозможно- то к блоку $\underline{7}$, чтобы создать заказ.

В блоке $\underline{7}$ осуществляется заказ фиксированного количества продукта Q , который добавляется к оставшемуся объему продукта ($y+Q$).

В блоке $\underline{3}$ осуществляется моделирование количества продукта заказанного заказчиком, которое ему будет поставлено.

В блоке $\underline{4}$ устанавливается оценка оставшегося объема продукта (того, которое д.б. на складе в объеме от 0 до $y-x$).

В блоке $\underline{5}$ оценивается количество оставшегося продукта и заказанного объема (U) с критическим уровнем запаса (S). Если $y+U \leq S$, зн. Надо заказать некоторый объем продукта и переходим к блоку $\underline{8}$.

В блоке $\underline{8}$ заказываем еще некоторый объем продукта и время исполнения заказа увеличивается на фиксированную величину (L).

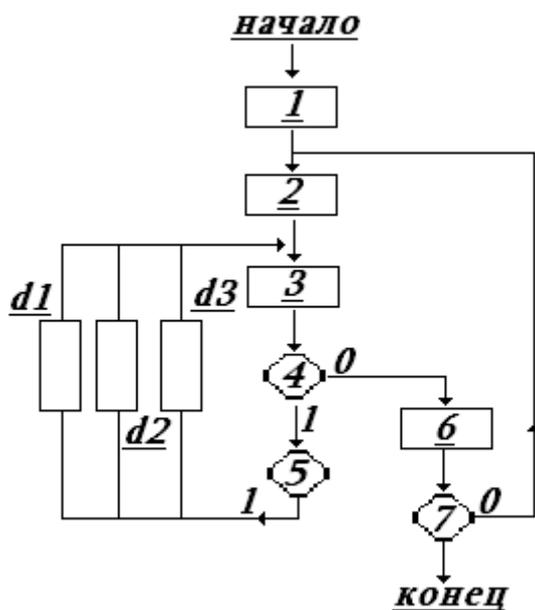
В блоке $\underline{6}$ увеличиваем количество дней (смен, часов) на 1.

В блоке $\underline{9}$ проверяем условие непревышения времени моделирования. Если $T < T_m$, то возвращаемся к блоку $\underline{1}$. Иначе рассчитываются затраты, количество неудовлетворенных заказов (потери спроса) и определяются основные показатели качества функционирования системы управления запасами (сколько товара произведено и сколько продано).

Принцип Δt м.б. использован при моделировании сложных дискретных систем, функционирование которых описывается скачкообразными переходами из состояния в состояние, происходящими под действием потоков различных событий, но если интервалы времени между такими переходами намного больше величины Δt использование в моделирующих алгоритмах этого принципа может оказаться неэффективным.

Более эффективным является использование "принципа особых (предельных) состояний".

В соответствии с этим принципом, функционирование системы рассматривается как совокупность взаимосвязанных процессов, протекающих параллельно во времени, причем каждый из процессов представляет собой некоторый поток событий. Каждому отдельному событию соответствует изменение состояния системы, и, в свою очередь, событие определяется как особое состояние системы.



- 1-блок задания общих условий,
- 2-блок задания частных вариантов для данных условий,
- 3-блок определения очередного момента изменения состояния системы в зависимости от входных характеристик,
- 4-блок определяющий окончание наступления критического состояния системы,
- 6-блок выполняющий операции по завершению одного цикла,
- 5-блок обеспечивающий переход к одному из блоков $d1, d_i$ в соответствии с уровнем соответствующего процесса.

Распределенная система управления производством м.б. организована либо по топологическому, либо по функциональному признакам.

В целом структуру системы управления производством железобетонных изделий с изменяемыми критериями управления можно представить согласно Рис. 1.

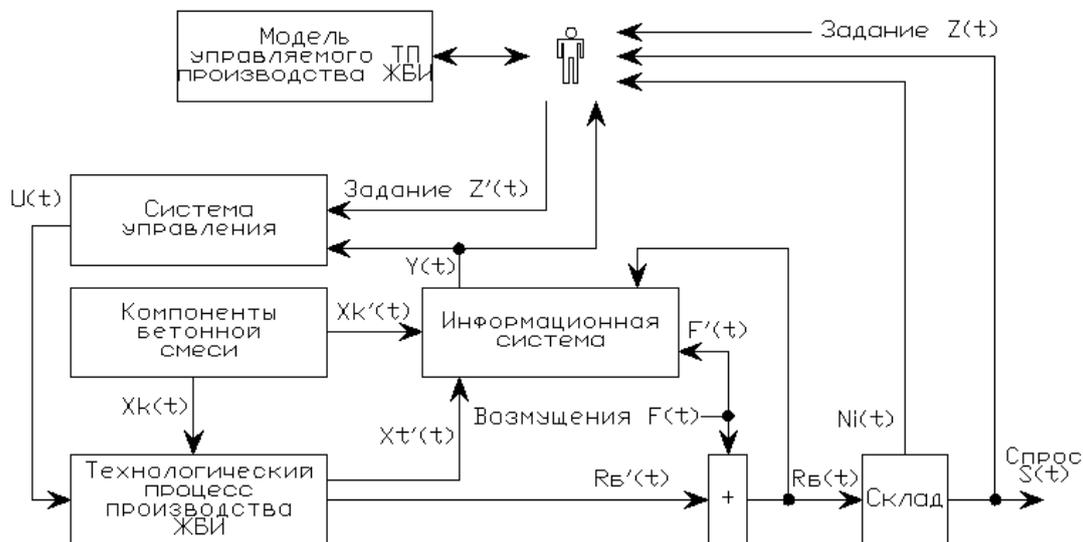


Рис. 1. Система управления производством железобетонных изделий с изменяемыми критериями управления

На рисунке отражены следующие информационные потоки:

$X_k(t)$ – вектор показателей качества компонентов бетонной смеси;

$X_k'(t)$ – доступный для измерения вектор показателей качества компонентов бетонной смеси;

$X_t'(t)$ – доступный для измерения вектор показателей качества технологических процедур;

$F(t)$ – вектор общего возмущения;

$F'(t)$ – доступная для измерения часть вектора общего возмущения;

$R_b'(t)$ – вектор выходного качества железобетонных изделий и конструкций при отсутствии возмущения;

$R_b(t)$ – вектор выходного качества железобетонных изделий и конструкций;

$Y(t)$ – вектор измеренного состояния технологического процесса;

$Z(t)$ – вектор заданных значений показателей качества;

$U(t)$ – вектор управления.

То есть неотъемлемой частью структуры системы управления с изменяемыми критериями является функциональный блок модели управляемого технологического процесса производства сборного железобетона, на вход которой поступает собираемая оператором информация о текущем состоянии склада $N_i(t)$, о предполагаемом спросе на продукцию $S(t)$, вектор измеренного состояния технологического процесса $Y(t)$, а также вектор заданных значений показателей качества на момент отгрузки продукции со склада $Z(t)$. Оператор к тому же задает на вход данного блока различные стратегии управления и по полученным результатам модифицирует задание $Z'(t)$, поступающее непосредственно на вход управляемого технологического процесса производства сборного железобетона.

Имитационную модель технологического процесса состоит из следующих основных блоков:

- Блок задания исходных данных, посредством которого оператор имеет возможность вводить параметры технологического процесса и начальных условий производства;
- Блок проверки исходных данных. Процесс обчета модели технологического процесса производства сборного железобетона может занимать достаточно много времени. Чтобы избежать его потери и получения неверных результатов моделирования, необходимо осуществлять проверку введенных параметров технологического процесса и начальных условий производства;
- Блок предварительной обработки исходных данных и инициализации используемых при моделировании переменных, массивов и структур. Данный блок используется для преобразования в случае необходимости значений исходных данных в формат, используемый в процессе моделирования, а также осуществляет на моделируемом интервале аппроксимацию исходных данных;
- Блоки моделирования функциональных связей. Они отражают совокупность связей между отдельными показателями качества компонентов бетонной смеси, их влияние на прочность бетона, а также влияние параметров технологического процесса на качество полуфабриката и готовой продукции;
- Блок моделирования склада исходных компонентов. Этот блок используется для отслеживания по дням затрат исходных компонентов и энергии, затрачиваемых на производство продукции;

- Блок моделирования управляемого технологического процесса производства сборного железобетона. Как следует из названия, этот блок обеспечивает воспроизведение управляемого технологического процесса производства сборного железобетона;
- Блок моделирования склада выпускаемой продукции. Данный блок моделирования используется для накопления по дням сведений о степени заполнения склада выпускаемой продукцией, о количестве готовой (то есть достигшей отпускной прочности) и неготовой к реализации продукции, а также информации по каждому изделию, включающей в себя дату изготовления, состав бетонной смеси, режимы технологического процесса, которые были применены при его производстве и т.п.;
- Блок обработки и представления информации.

Общая структура модели представлена на Рис. 2.

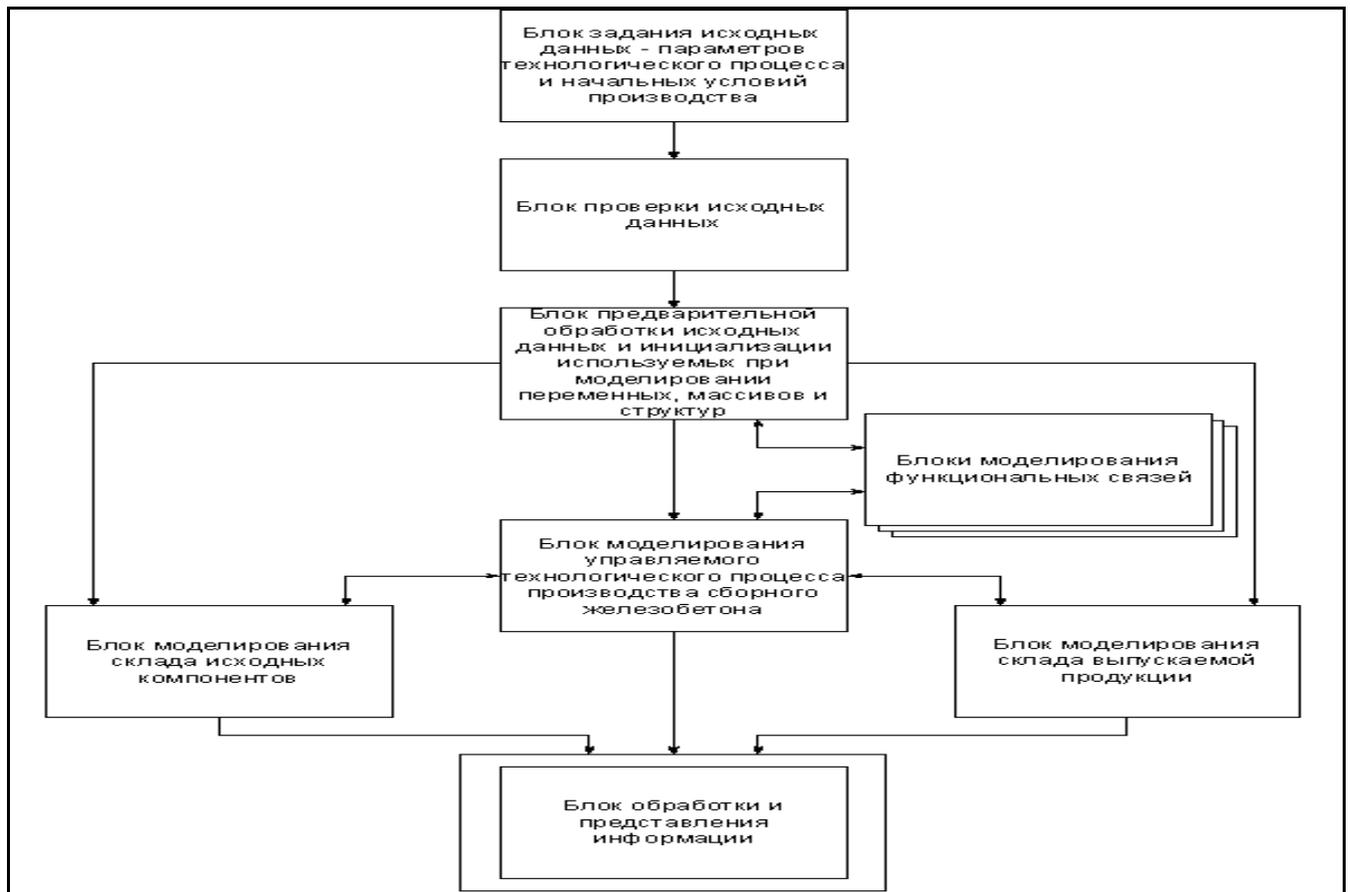


Рис. 2. Общая структура имитационной модели технологического процесса производства сборного железобетона с изменяемыми критериями управления

В результате моделирования были получены:

- ✓ графики изменения входных величин, определенных в блоке задания исходных данных – параметров технологического процесса и начальных условий производства;
- ✓ графики изменения производительности и спроса на выпускаемую продукцию с учетом параметров технологического процесса;
- ✓ графики, отражающие состояние склада исходных компонентов и затраты электроэнергии на моделируемом интервале;
- ✓ графики, отражающие состояние склада выпускаемой продукции на моделируемом интервале;
- ✓ графики, отражающие экономические результаты деятельности предприятия на моделируемом интервале;
- ✓ графики, представляющие сведения о выпускаемой продукции.

В главе также приведены методика, принципы разработки блоков модели, определен перечень исходных данных, необходимых для моделирования. Результаты моделирования поддаются логическому объяснению и соответствуют выборочным расчетам, проведенным для оценки адекватности разработанной имитационной модели. Точность результатов моделирования определяется используемыми технологическими зависимостями.