

УДК 681.3

И.В. Максимей, В.С. Смородин, Е.И. Сукач

**СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТОВ,
РЕАЛИЗУЮЩАЯ АГРЕГАТНЫЙ СПОСОБ ИМИТАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Излагается подход к формализации вероятностных технологических процессов производства с помощью вероятностных сетевых графиков. Предложена методика построения имитационных моделей на основе комбинации аппарата сетевого планирования с процедурами статических испытаний. Приведено описание возможностей системы автоматизации моделирования, реализующей агрегатный способ имитации.

Введение

Изучением динамики развития технологических процессов производства (ТПП) занимались многие исследователи, опубликовавшие учебники (например, [1]) и монографии [2, 3], в которых излагаются новейшие методы решения задач производства. Однако ТПП обычно характеризуются не только сложной динамикой выполнения технологических операций ТХО_i и наличием конкуренции за общие и индивидуальные ресурсы предприятия, но и дополнительной проблемой распределения оборудования и исполнителей между этими ТХО_i. Кроме того, времена выполнения ТХО_i и стоимость их реализации обычно являются случайными величинами. Для тех случаев, когда структура ТПП и времена реализаций ТХО_i являются детерминированными величинами, разработан математический аппарат исследования ТПП, который использует аналитические модели в виде сетевых графиков (СГР) и позволяет решать ряд оптимизационных задач ТПП [1].

Однако на практике времена выполнения τ_{ij} микротехнологических операций (МТХО_{ij}), входящих в состав ТХО_i, являются случайными величинами. Кроме того, даже сама последовательность выполнения {МТХО_{ij}} имеет вероятностный характер и поэтому известные методики анализа и расчета параметров СГР [4] не позволяют адекватно отобразить динамику развития ТПП. Это обстоятельство определяет актуальность разработки методик и средств исследования вероятностных технологических процессов производства (ВТПП). В большинстве случаев при исследовании ВТПП необходимо следить не только за временными аспектами их развития, но и за такими характеристиками реализации {МТХО_{ij}}, как расход ресурсов предприятия, степень загрузки оборудования, изменение стоимостных показателей реализации ВТПП, коэффициенты использования исполнителей, расход материалов и комплектующих изделий при реализации вариантов ВТПП. С помощью аналитических моделей типа СГР адекватного ответа на эти проблемы зачастую получить нельзя. Поэтому в таких случаях исследователи вынуждены обращаться к имитационному моделированию ВТПП. Поскольку имитация является весьма ресурсоемкой процедурой, она требует средств автоматизации имитационного эксперимента (ИЭ) на основе использования процедур статистических испытаний [2, 5]. Анализ описательных и технологических возможностей известных систем автоматизации моделирования (САМ), приведенный в [6, 7], позволил установить наличие ряда трудностей в их использовании в ходе проектного моделирования ВТПП. Этим определяется актуальность разработки новой методики имитационного моделирования ВТПП и средств ее реализации. В данной работе предлагаются методики: формализации ВТПП с помощью вероятностных сетевых графиков (ВСГР); построения имитационных моделей (ИМ) ВСГР на основе комбинации процедур статистических испытаний [5] и ИМ компонент ВСГР, построенных на основе агрегатного метода имитации; создания и использования ИМ ВСГР с помощью САМ ТПП.

1. Формализация ВТПП с помощью ВСГР

Исследуемый ВТПП представляется с помощью ВСГР, состоящего из последовательности взаимосвязанных микротехнологических операций {МТХО_{ij}}, которые соединены друг с другом в узлах, являющихся событиями {SOB_i}. Сам ВСГР представляется последователь-

ностью его реализаций $\{СГР_l\}$, где $l = \overline{1, N}$, N – число реализаций ВСГР, определяющее точность нахождения оценок статистик реализации ВСГР. При каждой l -й реализации вероятностные параметры МТХО_{ij} становятся детерминированными величинами и уже можно использовать аппарат расчета параметров сетевого графика [4]. Затем по завершении N реализаций ВСГР необходимо усреднение значений статистик имитации $\{СГР_l\}$ по выборкам объема N .

Каждое SOB_j в $СГР_l$ связывается с двух сторон с помощью МТХО_{ij} и МТХО_{jk} соответственно с событиями SOB_i и SOB_k . Ранние t_{pil} и поздние t_{nil} сроки свершения событий определяются по формулам

$$t_{p_{jl}} = \max_i \{t_{p_{il}} + \tau_{ijl}\}; \quad t_{n_{jl}} = \min_k \{t_{n_{kl}} - \tau_{jkl}\}, \quad (1)$$

где τ_{ijl} и τ_{jkl} – длительности выполнения МТХО_{ij} и МТХО_{jk} в l -й реализации ВСГР;

t_{pil} и t_{nkl} – ранние и поздние сроки свершения соответственно SOB_i и SOB_k .

Расчет t_{pjl} начинается от исходного события SOB_1 и оканчивается завершающим событием SOB_n , определение t_{njl} начинается в обратном порядке от SOB_n и завершается SOB_1 . Резервы свершения событий равны разности этих сроков: $R_{il} = t_{nil} - t_{pil}$.

По окончании N реализаций ВСГР для каждого события i формируются выборки объема N величин: $\{t_{pil}\}$, $\{t_{nil}\}$, $\{R_{il}\}$; $l = \overline{1, N}$. Для МТХО_{ij} определяются выборки объема N статистик их свершения: раннее начало $\{t_{pij} = t_{pil}\}$, позднее начало $\{t_{nij} = t_{njl} + \tau_{ijl}\}$, раннее окончание $\{t_{poij} = t_{pil} + \tau_{ijl}\}$, позднее окончание $\{t_{noij} = t_{njl}\}$. По всем перечисленным выборкам объема N определяются математические ожидания и выборочные дисперсии статистик реализации SOB_i и МТХО_{ij} в ВСГР. Кроме того, для l -й реализации ВСГР по каждой сформированной структуре $СГР_l$ определяется критический путь КРП_l, который состоит из последовательности $\{SOB_j\}$, обладающих нулевым резервом времени свершения SOB_j .

Особенностью данной методики формализации ВТПП является то, что вычисление t_{pil} осуществляется в режиме прямой имитации выполнения $\{МТХО_{ij}\}$, входящих в $СГР_l$, а расчет t_{nil} производится в режиме инверсной имитации тех же самых МТХО_{ij}. Отметим, что модельное время t_0 в режиме прямой имитации растет от нуля до момента свершения завершающего события T_{3nl} , а в режиме инверсной имитации t_0 уменьшается от T_{3nl} до нуля. Важной особенностью формализации ВТПП является введение кроме времен выполнения τ_{ij} дополнительных параметров выполнения МТХО_{ij}: требуемых объемов общих ресурсов предприятия g -го типа Vr_{ij} , стоимости их выполнения C_{ij} , количества материалов g -го типа mt_{ij} , количества комплектующих деталей g -го типа $КОМ_{ij}$. Для их моделирования перед имитацией необходимо задавать соответствующие функции распределения:

$$F_{1ij}(\tau); \quad F_{2ij}(V); \quad F_{3ij}(C); \quad F_{4ij}(mt), \quad F_{5ij}(КОМ). \quad (2)$$

Кроме перечисленных вероятностных параметров, для выполнения МТХО_{ij} может потребоваться множество детерминированных параметров, задаваемых с помощью списковых структур. Поэтому в общем случае следует указать списки этих дополнительных параметров: ресурсов индивидуального использования $SPINR_{ij}$, оборудования $\{SPOBR_{ij}\}$ и исполнителей $\{SPISP_{ij}\}$. Эти потребности МТХО_{ij} общих ресурсов предприятия закрепляются за МТХО_{ij} на время имитации ее выполнения. Еще одной группой параметров МТХО_{ij} являются характеристики надежности и безопасности реализации МТХО_{ij}: функция распределения длины интервалов между соседними отказами h -го типа $\Phi_{1ijh}(\tau_{BO})$; функция распределения интервалов восстановления их работоспособности $\Phi_{2ijh}(\tau_{BO})$; вектор вероятностей того, что произойдет опасный отказ h -го типа $\{P_{hij}\}$; функция распределения дополнительной стоимости выполнения МТХО_{ij} при ликвидации опасных отказов $\Phi_{3ij}(C_{BO})$; функция распределения дополнительной стоимости из-за ликвидации аварии по вине МТХО_{ij} $\Phi_{4ij}(C_{AB})$. Данная методика формализации ВТПП позволяет фиксировать статистику расхода ресурсов, оборудования и исполнителей предприятия при реализации ВСГР. Перед выполнением МТХО_{ij} сначала имитируются запросы на ресурсы предприятия и только

после их выделения имитируется выполнение $MTXO_{ij}$ длительностью $\tau_{B_{ij}}$. Из-за конкуренции $MTXO_{ij}$ за общие ресурсы и появления опасных отказов функционирования $MTXO_{ij}$ $\tau_{B_{ij}}$ может быть существенно больше разыгранного ранее по функции распределения значения τ_{ij} . Отметим, что после завершения имитации выполнения $MTXO_{ij}$ ресурсы, оборудование и исполнители возвращаются системе распределения ресурсов предприятия. Суммарный расход финансовых средств $\sum C_{ij}$, материалов и комплектующих изделий $\sum mt_{ij}$ при выполнении $MTXO_{ij}$ является безвозмездным. Для анализа этого процесса формируются диаграммы расхода и возврата ресурсов и графики изменения стоимости, материалов и комплектующих изделий, которые обеспечивают исследователю дополнительные возможности при принятии проектных решений.

2. Агрегатные модели ВСГР

Основными компонентами ВСГР являются два типа элементов: $MTXO_{ij}$ типовой структуры и SOB_i . Это обстоятельство позволяет строить ИМ ВСГР с помощью двух типов подмоделей элементов ВСГР. Такими подмоделями являются два типа агрегатов, связанных друг с другом с помощью множества действительных сигналов Sgd .

Первый тип подмоделей является агрегатом-четырёхполюсником $AMTXO_{ij}$, на входы которого поступают два входных сигнала и с выходов которого формируются два типа выходных сигналов. Второй тип подмоделей представляет собой агрегат-многополюсник $ASOB_i$ с числом входов b_i и числом выходов m_i . Агрегаты $ASOB_i$ могут иметь два типа выходов: одиночные, формирующие только Sgd , и «кустовые», имеющие d_k разветвлений и формирующие только один Sgd и d_k-1 фиктивных сигналов Sgf . Число входов $ASOB_i$ может быть различным и поэтому каждый вход агрегата $ASOB_i$ обладает номером r . Вся информация об адресации сигналов сосредоточена в «теле» Sg , имеющего сложную структуру:

$$Sgd(TS; i, k, d_k, \{P_{ikl}\}; j, r), \quad (3)$$

где TS – тип сигнала (IP – входной прямой, OP – выходной прямой, II – входной инверсный, OI – выходной инверсный); $i, k, d_k, \{P_{ikl}\}$ – адрес отправителя сигнала $ASOB_i$; j, r – адрес получателя сигнала $ASOB_j$; i, j – номера событий; k – номер выхода $ASOB_i$; d_k – тип k -го выхода, означающего число разветвлений в «кустовом» выходе; $\{P_{ikl}\}$ – вектор вероятностей формирования Sgd в кустовом выходе, а остальные d_k-1 представляют собой фиктивные сигналы Sgf , причем Sgf поступают с $ASOB_i$ на $ASOB_j$, минуя $AMTXO_{ij}$; r – номер входа в $ASOB_j$.

При имитации выполнения $MTXO_{ij}$ агрегат $AMTXO_{ij}$ в режиме прямой имитации ВСГР формирует по функциям распределения фактические значения параметров ее реализации (τ_{ij} , C_{ij} , $V_{r_{ij}}$, $mt_{r_{ij}}$), а по спискам запросов индивидуальных ресурсов, оборудования и исполнителей определяет списки индивидуальных запросов на обеспечение выполнения $MTXO_{ij}$ ($SPINR_{ij}$, $SPOBOR_{ij}$, $SPISP_{ij}$, $SPKOM_{ij}$). По этим запросам в распоряжение $AMTXO_{ij}$ выделяются ресурсы предприятия на время выполнения данной операции. Если при выполнении $MTXO_{ij}$ предусмотрена возможность возникновения опасных отказов, то по соответствующим функциям распределения формируются фактические значения этих параметров надежности ($\tau_{BO_{ijhl}}$, $\tau_{BO_{ijhl}}$, $C_{BO_{ijhl}}$, $C_{AB_{ijhl}}$). Когда на момент выставления запросов $AMTXO_{ij}$ у предприятия не окажется свободных ресурсов или же возникнет необходимость ликвидации опасных отказов или аварий, то время выполнения $AMTXO_{ij}$ τ_{ij} увеличивается на величину $\tau_{B_{ij}}$. После завершения имитации $AMTXO_{ij}$ формирует Sgd типа OP , поступающий на r -й вход $ASOB_j$. Сам же агрегат $AMTXO_{ij}$ переходит в режим ожидания повторного запуска сигналом типа II при инверсной имитации ВСГР. После завершения имитации выполнения $AMTXO_{ij}$ агрегат возвращается в режим ожидания его активизации сигналом типа IP .

Агрегат $ASOB_j$ в режиме прямой имитации ожидает прихода последнего сигнала Sgd типа OP от $AMTXO_{ij}$ на один из его входов. В момент модельного времени t_0 срабатывает «спусковая функция» агрегата, что приводит к фиксации t_{pil} . При этом $ASOB_j$ формирует со всех своих выходов серию сигналов Sgd и Sgf , направляя их на соответствующие входы агрегатов $AMTXO_{ij}$. Рассылка агрегатом $ASOB_j$ сигналов типа IP на $AMTXO_{ij}$ осуществляется согласно таблице коммутации агрегатов, которая формируется исследователем до начала имитации. После рассылки выходных сигналов агрегат $ASOB_j$ переходит в состояние ожидания сигналов

от $AMTXO_{ij}$ в режиме инверсной имитации. Приход самого первого сигнала на выходы $ASOB_j$ определяет значение t_{nil} и формирование со всех входов $ASOB_j$ сигналов типа II, поступающих на соответствующие инверсные входы $AMTXO_{ij}$ согласно таблице коммутации агрегатов, а сам $ASOB_j$ переходит в режим ожидания сигналов от $AMTXO_{ij}$ при прямой имитации, но уже при следующей реализации ВСГР по методу статистических испытаний [5].

3. Система автоматизации моделирования ВТПП, реализующая агрегатный способ имитации

Для реализации ИЭ при проектном моделировании структуры ВТПП разработана САМ ТПП, реализующая агрегатный способ имитации ВСГР. Она состоит из следующих библиотек и компонент:

- библиотеки типовых подмоделей $AMTXO_{ij}$ и $ASOB_i$ (LIB.AGREG);
- подсистемы формирования из заготовок агрегатов имитационных моделей ВСГР (PS.FORMSG);
- подсистемы реализации ИЭ согласно процедуре статистических испытаний (PS.MONTEK);
- обработки статистики имитации ВСГР (PS.OBRABOT);
- визуализации результатов ИЭ (PS.VIZUAL);
- анализа результатов имитации и принятия решений (PS.RESHEN);
- информационной базы данных моделирования (ИБДМ);
- управляющей программы моделирования агрегатов (UPMA).

LIB.AGREG содержит два типа универсальных реентерабельных программ $AMTXO_{ij}$ и $ASOB_i$, обслуживающих все элементы ВСГР последовательно в двух режимах имитации, находящихся в различных состояниях для различных моментов изменения модельного времени t_0 . За время постановки ИЭ для каждой l -й реализации ВСГР программы $AMTXO_{ij}$ и $ASOB_i$ циклически переходят в различные состояния под управлением UPMA. Программы $AMTXO_{ij}$ и $ASOB_i$ можно использовать в качестве «заготовок» для конструирования новых ИМ ВСГР, не имеющих в LIB.AGREG. PS.FORMSG организует ввод исходной информации, проверяет правильность описания состава сигналов и структуры ИМ ВСГР, сообщает исследователю о наличии ошибок коммутации в ИМ ВСГР, организует верификацию функционирования вновь разрабатываемых ИМ ВСГР. PS.MONTEK содержит библиотеку процедур формирования случайных величин, программу реализации процедуры статистических испытаний и вычисления оценок математических ожиданий и дисперсий откликов моделирования. PS.OBRABOT автоматизирует все операции обработки статистики моделирования ВТПП, представляя собой адаптацию известного пакета STATISTIKA [8]. PS.VIZUAL формирует временные диаграммы использования ресурсов и оборудования предприятия для каждой реализации ВСГР. PS.RESHEN включает в себя набор подпрограмм, реализующих процедуры принятия решений в условиях неопределенности и риска [9]. Управляющая программа UPMA организует переходы агрегатов из состояния в состояние. Особенностью алгоритма функционирования UPMA являются сочетание прямого и инверсного режимов изменения t_0 с реализацией процедур метода статистических испытаний; контроль за моментами срабатывания «спусковых функций» $ASOB_j$ при вычислении ранних и поздних сроков свершения событий t_{pi} и t_{nil} .

Структура ВСГР задается следующей последовательностью взаимодействий исследователя с САМ ТПП: формирование таблиц структуры $AMTXO_{ij}$ и $ASOB_i$; создание таблицы коммутации агрегатов друг с другом с помощью Sgd. Все элементы в этой таблице упорядочены по возрастанию номеров агрегатов $AMTXO_{ij}$ и указывают направление связей агрегатов с помощью сигналов. Структура сигналов формируется исследователем в режиме диалога при описании ВСГР. Эти же сигналы в дальнейшем используются при формировании таблицы коммутации выходов $ASOB_i$. В результате таблица коммутации выходов хранит выходные сигналы $ASOB_i$.

На следующем этапе исследования ВСГР проводится серия натуральных экспериментов на реальном ВТПП. Если нет возможности исследования на ВТПП, используются процедуры экспертного задания значений параметров $AMTXO_{ij}$. Все параметры $AMTXO_{ij}$ записываются в ИБДМ и преобразуются во внутреннее представление с одновременным контролем корректности исход-

ной информации о ВСГР. Таблицы коммутации агрегатов $ASOB_i$ с $AMTXO_{ij}$ проверяются на соответствие входов и выходов четырехполюсников $ASOB_i$ и многополюсников $ASOB_i$.

На следующем этапе исследований организуется серия из N реализаций ИЭ с ИМ ВСГР. Результатом является множество выборок объема N статистик реализации ВСГР, по которым определяется множество критических путей $\{КРП_i\}$. Завершается серия ИЭ вычислением средних значений статистик свершения событий и формированием вероятностного графа критических путей (GRKPP). При анализе статистик имитации используются процедуры анализа данных моделирования на основе классических критериев принятия решений в условиях неопределенности и риска [9].

4. Пример перевода вероятностного сетевого графика в имитационную модель агрегатного типа

Для иллюстрации технологии перевода ВСГР в описание ИМ ВТПП с помощью агрегатов двух типов ($ASOB_i$ и $AMTXO_{ij}$) рассмотрим следующий фрагмент ВСГР (рисунок). В ВСГР содержатся 14 событий ($ASOB_1$ – исходное событие, $ASOB_{14}$ – завершающее событие). SOB_1 инициирует два одиночных выхода OB_1 и OB_2 . SOB_{14} обладает двумя входами. Кустовые выходы имеются у трёх событий: KB_2 у SOB_3 ; KB_1 у SOB_7 и KB_1 у SOB_8 . Число разветвлений у KB_i различно. Каждое разветвление формирования выходных сигналов с KB_i помечено вероятностью P_{ij} , причём сумма вероятностей разветвлений у каждого кустового выхода равна 1. У остальных SOB_i имеются только одиночные выходы OB_k . Отметим, что у SOB_7 имеется только один кустовой выход, с которого по одному из направлений по вектору вероятностей ($P_{7,10}, P_{7,11}, P_{7,9}$) формируется один действительный сигнал Sgd и два фиктивных сигнала Sgf . Из рисунка видно, что для перевода ВСГР в ИМ ВТПП в данном примере достаточно заменить SOB_i агрегатами $ASOB_i$, являющимися многополюсниками с различным числом входов и выходов сигналов; представить каждую $MTXO_{ij}$ агрегатом-четырёхполюсником $AMTXO_{ij}$. Двойные линии на рисунке означают направление прямых и инверсных сигналов, формируемых соответственно в режиме прямой и инверсной имитации агрегатной ИМ ВТПП (в обратном направлении стрелок). Для реализации этой записи в имитационную модель достаточно составить таблицу сигналов связи $ASOB_i$ и таблицу коммутации входов и выходов агрегатов-четырёхполюсников $AMTXO_{ij}$ с входами и выходами агрегатов-многополюсников $ASOB_i$. Кроме того, необходимо задать массив параметров $AMTXO_{ij}$ и сформировать таблицу адресов параметров $MTXO_{ij}$. Как видим, технология создания ИМ ВТПП достаточно проста, что весьма существенно для специалистов той предметной области, для которой данный ВСГР используется.

Заключение

Предложенный способ формализации ВТПП, средства его реализации на основе агрегатного способа имитации и методика постановки серий ИЭ по методу статистических испытаний ВСГР позволяют оперативным образом организовать исследование динамики развития ВТПП. С помощью САМ ТПП и методики ее использования можно решать типовые задачи проектного моделирования:

1. Определение суточной пропускной способности предприятия \mathcal{G}_{oi} во время выполнения множества $\{MTXO_{ij}\}$ при заданном составе PM_k , ресурсов, оборудования, исполнителей и оценка среднесуточной стоимости реализации ВТПП (C_{oi}).

2. Определение узких мест в заданной технологии реализации множества $\{MTXO_{ij}\}$, представленного в структуре TK_i .

3. Выбор из множества ВТПП, выполняемых на предприятии, рационального ВТПП по критериям минимальной стоимости или максимальной пропускной способности предприятия ($\min_i C_{oi} \vee \max_i \mathcal{G}_{oi}$).

4. Оценка вероятности появления аварийной ситуации в ВТПП при известных вероятностях возникновения опасных отказов при выполнении $MTXO_{ij}$ ($P_{атм}$).

5. Оценка суммарных потерь времени на ликвидацию опасных ситуаций и выявление траекторий реализации ВТПП, для которых высока вероятность появления аварийной ситуации на предприятии ($\sum T_{по}$).

Высокий уровень автоматизации исследований с помощью САМ ТПП и простота описания ИМ ВСГР обеспечивают перспективу использования данной методики исследований ВТПП и средств ее реализации.

В заключение отметим, что данная система автоматизации ИЭ агрегатного типа используется при проведении лабораторных работ студентами пятого курса математического факультета ГГУ им. Ф. Скорины по специальности Н.08.01 («Прикладная математика») при практическом изучении спецкурса «Вероятностное моделирование технологических процессов производства». Кроме того, апробация работоспособности данной системы автоматизации ИЭ в рамках выполнения НИР «Инфотех 18» показала, что в результате её применения автоматизируются наиболее трудоёмкие этапы разработки имитационных моделей.

Список литературы

1. Зайченко Ю.П. Исследование операций: учеб. – Киев: Издат. дом «Слово», 2002. – 688 с.
2. Ху Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях / Под ред. А.А. Фрийдмана. – М.: Мир, 1974. – 516 с.
3. Михалевич В.С., Кукса А.И. Методы последовательной оптимизации в дискретных сетевых задачах оптимального распределения ресурсов. – М.: Наука, 1983. – 208 с.
4. Жогаль С.П., Максимей И.В. Задачи и модели исследования операций. Ч. 1. Аналитические модели исследования операций: учеб. пособие. – Гомель: БелГУТ, 1999. – 109 с.
5. Максимей И.В., Серегина В.С. Задачи и модели исследования операций. Ч. 2. Методы нелинейного и стохастического программирования: учеб. пособие. – Гомель: БелГУТ, 1999. – 103 с.
6. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 222 с.
7. Литвинов В.В., Марьянович Т.П. Методы построения имитационных систем. – Киев: Наукова думка, 1991. – 117 с.
8. Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTIKA – статистический анализ и обработка данных в среде Windows. – М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 1998. – 608 с.
9. Задачи и модели исследования операций. Ч. 3. / И.В. Максимей, В.Д. Левчук, С.П. Жогаль и др. // Технология имитации на ЭВМ и принятие решений: учеб. пособие. – Гомель: БелГУТ, 1999. – 150 с.

Поступила 14.10.04

Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины,
Гомель, Советская, 104
e-mail: trpi@gsu.unibel.by

I.V. Maksimey, V.S. Smorodin, E.I. Sukach

SYSTEM OF AUTOMATION OF IMITATING EXPERIMENTS, RELIZING A MODULAR WAY OF IMITATING PROBABLE TECHNOLOGICAL PROCESSES

The approach to formalization of probable industrial technological processes with the help of probable network schedules is stated. The technique of construction of imitating models is offerd on the basis of combination of the network planning device with statistical tests procedures. A description of the automation modeling system opportunities realizing a modular way of imitation is presented.