Министерство образования Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАОЧНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра технологии автоматизированного машиностроения

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Рабочая программа
Задание на контрольную работу

Факультет **экономики, менеджмента и автомобильного транспорта**
Направление и специальность подготовки дипломированного специалиста:

060800 – экономика и управление на предприятии

Санкт-Петербург
2004

Утверждено редакционно-издательским советом университета

УДК 621.01(07)

Математическое моделирование объектов и процессов машиностроения: Рабочая программа, задание на контрольную работу. – СПб.: СЗТУ, 2004. – с.

Рабочая программа разработана в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования по направлению подготовки дипломированного специалиста 653200 – «Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы» (специальность 060800 – «экономика и управление на предприятии»)

Рабочая программа охватывает основные разделы дисциплины: задачи и объекты математического моделирования, аппарат моделирования дискретных объектов и процессов, теория вероятностей и математическая статистика в моделировании процессов функционирования производственных систем. В программе определена тематика практических занятий, указана литература для самостоятельной проработки. Приводятся задания на контрольную работу и соответствующие указания к их выполнению.

Рассмотрено на заседании кафедры технологии автоматизированного машиностроения 15 апреля 2004г., одобрено методической комиссией машиностроительного факультета 19 апреля 2004г.

Рецензенты: кафедра технологии автоматизированного машиностроения СЗПИ (зав. кафедрой В.В. Максаров, д-р техн. наук); А.Г.Маковский, канд. техн. наук, доцент кафедры ТУС ГМА им. акад.С.О.Макарова.

Составители: А.А.Кульчицкий, канд. техн. наук, доцент;

Л.В.Одинцова, канд. техн. наук, доцент.

© Северо-Западный Государственный заочный технический университет, 2003

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина "Математическое моделирование процессов в машиностроении" необходима для подготовки инженеров специальности 060800 – экономика и управление на предприятии.

Цель курса – углубить и конкретизировать прикладной аспект фундаментальной подготовки, без чего невозможно познание современной технической базы знаний, а главное, её успешное использование с применением средств вычислительной техники.

При изучении курса необходимо:

- знать математический аппарат, позволяющий наиболее адекватно описать типовые производственные задачи;
- уметь выбрать из освоенного арсенала необходимые математические модели и применить соответствующую методику их использования при решении упомянутых задач подготовки и управления производством.

Настоящая дисциплина базируется на знании основ машиностроения и соответствующих разделов высшей математики. В свою очередь, материалы курса должны использоваться в дальнейшем при изучении дисциплин «Оперативное производственное планирование», «Применение ПЭВМ в отрасли». Знания, полученные при изучении дисциплин "Вычислительная математика", "Информатика", являются базой для использования ЭВМ при освоении следующих разделов дисциплины: теория вероятностей и математическая статистика в моделировании процессов функционирования производственных систем, принятие решений при реализации организационно-технических задач, задачи оптимального планирования.

Объем дисциплины и виды учебной работы

Виды занятий	Всего часов	10 семестр
Общая трудоемкость	108	108
Аудиторные занятия	24	24
Лекции	16	16
Практические занятия	8	8
Самостоятельная работа	60	60
Вид итогового контроля - ЗАЧЕТ		

1. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

(объём курса 108 часов)

1.1.1. Задачи и объекты математического моделирования при подготовке и управлении машиностроительным производством (8 часов)

[9], с. 5…44

Общие принципы математического моделирования. Роль моделирования при исследовании и создании объектов и процессов машиностроения. Математическая модель и ее адекватность объекту моделирования, достоверность результатов моделирования. Создание и использование базы знаний при проектировании объектов и управлении производственными процессами. Реализация экономических задач с помощью математических моделей.

1.1.2. Моделирование дискретных объектов и процессов (24 часа)

[1], с. 17…24; [3], с. 9…50

Элементы теории множеств. Множества и подмножества, способы задания множеств. Упорядоченное множество. Операции над множествами. Отношения, соответствия. Отображения и функции.

Элементы теории графов. Основные определения. Теоретико-множественное определение графа. Отношение порядка и эквивалентности на графе. Разновидности моделей в виде графа в экономике и производстве.

Типовые задачи, использующие элементы дискретной математики. Моделирование технических систем и взаимосвязи между ними и их элементами. Задачи определения кратчайшего пути на графе (задача о размещении оборудования, минимальной стоимости транспортирования, наибольшей пропускной способности транспортной сети).

1.1.3. Теория вероятностей и математическая статистика в моделировании процессов функционирования систем (24 часа)

[6], с. 433…451; [2], с.12…57; [10], с. 4…112

Использование теории вероятностей для оценки точности производственных объектов. Использование типовых законов распределения случайных величин при оценке точности. Композиции законов распределения.

Использование теории вероятности при оценке надёжности. Надёжность элемента технической системы. Плотность распределения времени безотказной работы. Интенсивность отказов, испытание на надёжность. Общие методы оценки показателей надёжности по результатам испытаний. Планирование эксперимента для получения математической модели.

1.1.4. Моделирование процессов принятия решений (36 часов)

[1], с. 129…150; [9], с. 70…93; [3], с. 144…210

Элементы математической логики. Логика высказываний. Объекты и операции. Формулы алгебры высказываний. Логика предикатов. Операции над предикатами. Кванторы. Аксиоматическое построение математической теории

на языке предикатов. Алгоритмы. Общие свойства алгоритмов. Язык описания алгоритмов. Логические модели, используемые при проектирования объектов и процессов машиностроения.

Методы реализации задач принятия решений. Принятие решений в условиях полной определенности. Классификация задач оптимизации. Последовательность действий при принятии оптимальных решений. Многопараметрическая оптимизация. Задачи линейного программирования. Графический метод решения. Симплекс-метод решения задач.

Типовые задачи по выбору оптимальных решений: задачи распределения ресурсов, задачи оптимального финансирования, оптимизация параметров изделия, выбор наилучшей структуры объектов проектирования. Оптимизация параметров технологических процессов.

Проблемы принятия решений в условиях неполной определенности. Постановка задачи принятия решений. Декомпозиция задачи принятия решений и оценка свойств альтернатив. Организация принятия решений, постановка задач выбора оптимального решения при наличии нескольких критериев оценки. Методы разработки, анализа и корректировки таблиц соответствий. Алгоритмы поиска решений по таблицам соответствий. Область применения моделей в производственных задачах.

Задача расчёта оптимальных режимов резания методами линейного программирования. Метод динамического программирования. Принцип оптимальности.

1.1.5. Имитационные методы анализа производственных проблем

(16 часов)

[10], с. 232…274

Понятие имитационного эксперимента. Планирование, проведение и обработка результатов имитационного эксперимента. Регрессионный анализ. Имитационные системы, реализуемые на ЭВМ.

1.2. Тематический план лекций

для студентов очно-заочной формы обучения (16 часов)

Темы лекций	Объем, ч
Задачи и объекты математического моделирования при подготовке машиностроительного производства	2
Моделирование дискретных объектов и процессов. Элементы теории множеств. Типовые задачи, использующие элементы дискретной математики	4
Моделирование процесса функционирования технических систем. Использование математической логики в задачах проектирования объектов и процессов машиностроения	4
Математическая статистика в моделировании технических систем	4
Принятие решений при проектировании объектов и процессов машиностроения в условиях полной определённости и неопределённости.	2

1.3. Перечень тем практических занятий (8 часов)

Темы занятий	Объем, час
Моделирование производственных объектов и процессов	2
Оптимизация параметров производственных процессов с использованием метода линейного программирования	2
Реализация задач оценки точности с использованием статистических исследований.	2
Составление и использование таблиц соответствий	2

2. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основной:

1. Коршунов Ю.И. Математические основы кибернетики: Учеб.пособие.-М.: Энергия, 1972.

2. Ивченко Г.И., Коштанов В.А., Коваленко И.Н. Теория массового обслуживания: Учеб.пособие.-М.: Высшая школа, 1982.

Дополнительный:

3. Кузнецов О.П. Дискретная математика для инженера. -М.: Энергоатомиздат, 1986.

4. Вентцель Е.С. Исследование операций. –М.: Советское радио, 1972.

5. Петрозванский А.А. Математические модели в управлении производством. – М.: Наука, 1975.

6. Тахо Х. Введение в исследование операций. Т.1-2. –М.: Мир, 1985.

7. Корчак С.Н. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов. – М.:Машиностроение, 1988.

8. Челищев В.Е. Автоматизация проектирования технологии в машиностроении. –М.: Машиностроение, 1987.

9. Ящеричкин П.И., Макарлицевский А.И. Планирование эксперимента в машиностроении. – Л.: Машиностроение,1985.

10. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Exel 7.0 – СПб.: BHV- Санкт-Петербург,1997.

11. Математическое моделирование в экономике. Иванилов Ю.П., Лотов А.В., М.: Наука,1979.

Средства обеспечения освоения дисциплины (ресурсы Internet)

11. http:/www.mathsoft.com

12. http:/www.informika.ru

3. **ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ**

(с методическими указаниями к их выполнению)

В соответствии с учебным планом по дисциплине "Математическое моделирование объектов и процессов машиностроения" студенты заочной формы обучения специальности 060800 выполняют контрольную работу.

Целью контрольной работы является приобретение студентами практических навыков разработки математических моделей, а также использование разработанных математических моделей для решения задач машиностроения.

Контрольная работа выполнятся в отдельной тетради. Все записи располагаются на одной стороне листа с тем, чтобы с другой стороны можно было внести дополнения или исправления после рецензирования.

Буквенные обозначения должны быть расшифрованы, указаны единицы измерения используемых и получаемых в процессе вычисления величин.

В конце контрольной работы надо привести список использованной литературы, поставить дату выполнения.

Выполнение заданий может производиться на основе использования программ, имеющихся в каталоге кафедры, с применением персональных ЭВМ. Задания для выполнения контрольной работы выдаются студентам индивидуально и приведены в методических указаниях.

Контрольная работа 1

Задание 1. Разработать математическую модель процесса резания и определить оптимальные режимы (n,S) для точения заготовки типа «вал» диаметром D и длиной L с учётом вида и материала заготовки, требуемой точности, шероховатости поверхности Rz и глубины резания t, приведённых в таблице 1.

Таблица 1

Исходные данные к заданию 1

Вариант	Материал заготовки	Вид заготовки	Глубина резания t, мм	D, мм	L, мм	Rz, мкм	Квалитет
1	Латунь ЛС59-1	Прокат	2	30	220	20	10
2	Алюминиевый сплав АЛ9	Прокат	3	42	200	20	10
3	Сталь 30ХГСА	Прокат	3,5	56	300	20	10
4	Бронза БраЖ9-4	Прокат	2,5	64	360	20	10
5	Сталь 45	Поковка	3	92	420	40	10
6	Сталь 30ХГСА	Поковка	3	90	300	40	10
7	Сталь 12Х18Н9Т	Поковка	3	96	500	40	12
8	Сталь 20	Прокат	2,5	120	560	40	12
9	Сталь 45	Прокат	4	140	700	60	12
0	Сталь 40Х	Прокат	2	160	820	60	12

Оптимизация технологических процессов и режимов резания, в частности, основывается на построении математических моделей. Для установления математической модели выделяют технические ограничения,

которые в наибольшей степени определяют описываемый процесс и оценочную функцию (критерий оптимальности).

Выбор тех или иных технических ограничений зависит от вида обработки и определяется конкретными условиями технологического, конструкционного и организационно-производственного характера. Однако можно выделить ряд наиболее важных технических ограничений, которые следует учесть при разработке математических моделей процесса резания при точении, фрезеровании, сверлении и других методах обработки. Такими ограничениями являются режущие возможности инструмента, определяемые его стойкостью; мощность электродвигателя привода главного движения; наименьшая и наибольшая скорости резания (частота вращения шпинделя) и подача, допускаемые кинематикой станка; прочность и жёсткость режущего инструмента; точность обработки; шероховатость обработанной поверхности.

Регулируемыми параметрами процесса обработки являются:

S – подача, n- частота вращения шпинделя.

В качестве оценочной функции при оптимизации по двум параметрам (n, S) обычно используют минимальную себестоимость

$$F \quad \min \quad = \quad \frac{c}{n \cdot S}, \qquad (1)$$

где c- коэффициент, не зависящий от режимов резания n и S. Из этого выражения видно, что функция F_{min} будет наименьшей, когда произведение n·S будет максимальным.

Технические ограничения строятся на основе известных зависимостей. Так, техническое ограничение по стойкости инструмента для точения будет получено из выражений для скорости резания

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_V; \qquad V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000},$$

где T- период стойкости инструмента, мин; m – показатель относительной стойкости; t – глубина резания, мм; D – диаметр заготовки, мм; C_v, x_v, y_v –

коэффициенты, характеризующие условия обработки; Kv- общий поправочный коэффициент.

После несложных преобразований получим техническое ограничение в следующем виде

$$nS^{y_v} \le \frac{318 \cdot C_V \cdot K_V}{D \cdot T^m \cdot t^{x_v}} \qquad (2)$$

Аналогично определяют и другие технические ограничения. Например, ограничения по кинематическим возможностям станка записываются в виде

$$n_{\min} \le n \le n_{\max};$$
$$S_{\min} \le S \le S_{\max}$$

Ограничение подачи по требуемой шероховатости обрабатываемой поверхности имеет вид

$$S \le S_{доп}$$

Для выбора оптимальных значений режимов резания с использованием методов линейного программирования все технические ограничения и оценочная функция приводятся к линейному виду логарифмированием. Так, выражение (2) после логарифмирования будет иметь вид

$$\ln n + y_v \cdot \ln S \le \ln \frac{318 \cdot C_V \cdot K_V}{D \cdot T^m \cdot t^{x_v}}$$

Введём обозначения

$$X_1 = \ln n; \qquad X_2 = \ln 100S; \qquad b_1 = \ln \frac{318 \cdot C_V \cdot K_V}{D \cdot T^m \cdot t^{x_v}} \cdot 100^{y_v}$$

При этом параметр X_2 умножается на 100, чтобы избежать получения отрицательных значений логарифмов. Таким образом, получаем первое техническое ограничение в линейном виде

$$X_1 + y_v X_2 \le b_1$$

Для оценочной функции с учётом её вида (1) после логарифмирования будем иметь

$$F_0 = (X_1 + X_2) \rightarrow \max$$

Приведение всех ограничений к линейному виду и представление их в виде системы неравенств в совокупности с оценочной функцией даёт математическую модель процесса резания металла. Определение оптимальных режимов резания с помощью построенной математической модели может выполняться аналитическим и графическим методами.

В логарифмических координатах технические ограничения и оценочная функция имеют линейный вид (рис1). В рассматриваемом случае максимум оценочной функции будет находиться в вершине многоугольника – области допустимых значений регулируемых параметров (n,S), наиболее удалённой от начала координат.

Задание 2. Определить число годных деталей, исправимого и неисправимого брака при обработке на токарном полуавтомате партии валов 450 шт., диаметром D мм, если среднее квадратическое отклонение S и смещение $\Delta_{см}$ среднего размера партии деталей d относительно середины поля допуска $d_{ср}$ ($\Delta_{см}$=d-$d_{ср}$), вычисленные по результатам измерений пробных валиков, имеют значения, приведённые в таблице2.

Таблица 2

Исходные данные к заданию 2

Вариант	Диаметр D,мм	Среднее квадратичное отклонение S,мм	Величина смещения $\Delta_{см}$,мм
1	$40_{-0,16}$	0,03	-0,02
2		0,03	+0,02
3		0,04	-0,02
4		0,04	0
5		0,04	+0,02
6	$25_{-0,13}$	0,04	-0,02
7		0,04	+0,02
8		0,035	-0,02
9		0,03	0
0		0,03	+0,02

Интервал рассеяния размеров обрабатываемых валов относительно выборочного среднего (в предположении, что их распределение подчиняется закону Гаусса)

$$\Delta d = \pm 3S$$

Из расположения поля рассеяния фактических размеров валов по отношению к полю допуска, очевидно, что часть размеров валов (область применения F2) будет выходить за допустимый наибольший диаметр (рис. 2).

Вся площадь под кривой распределения (полагаем, что она подчиняется закону Гаусса) равна 1, половина её –0,5. Тогда для определения количества деталей, выходящих за пределы поля допуска, воспользуемся формулой

$$F_2 = 0{,}5 - F_1 = 0{,}5 - \Phi(z)$$

где Ф(z)-функция Лапласа;

$$\Phi(z) = (1 / \sqrt{2\pi}) \int_0^z e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

Величина z определяется выражением

$$z_1 = \frac{d_{нб} - d}{S} \qquad или \qquad z_2 = \frac{d - d_{нм}}{S}$$

где $d_{нм}$, $d_{нб}$ – наименьший и наибольший диаметры соответственно, d – средний размер партии обработанных деталей (см. рис.2)

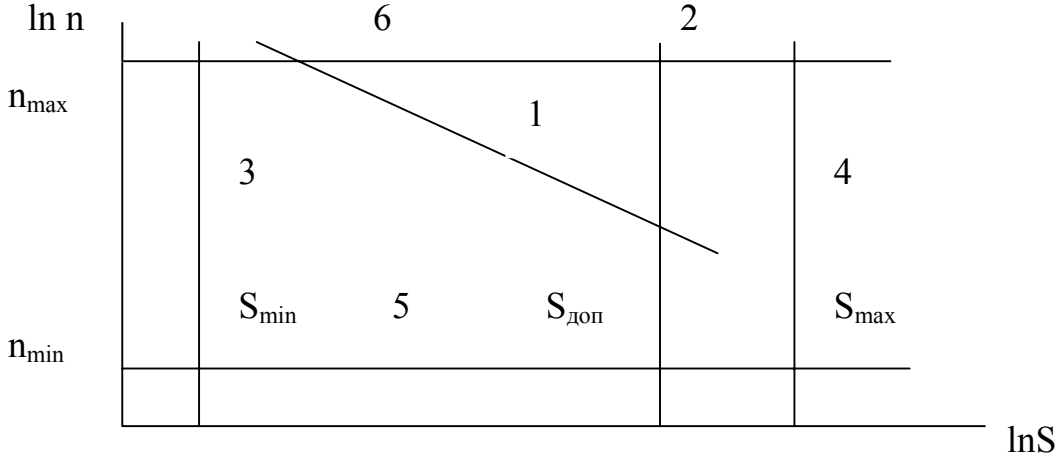

Рис. 1. Область допустимых значений регулируемых параметров: 1-стойкость инструмента; 2-шероховатость обработанной поверхности; 3,4- подача суппорта; 5,6-частота вращения шпинделя

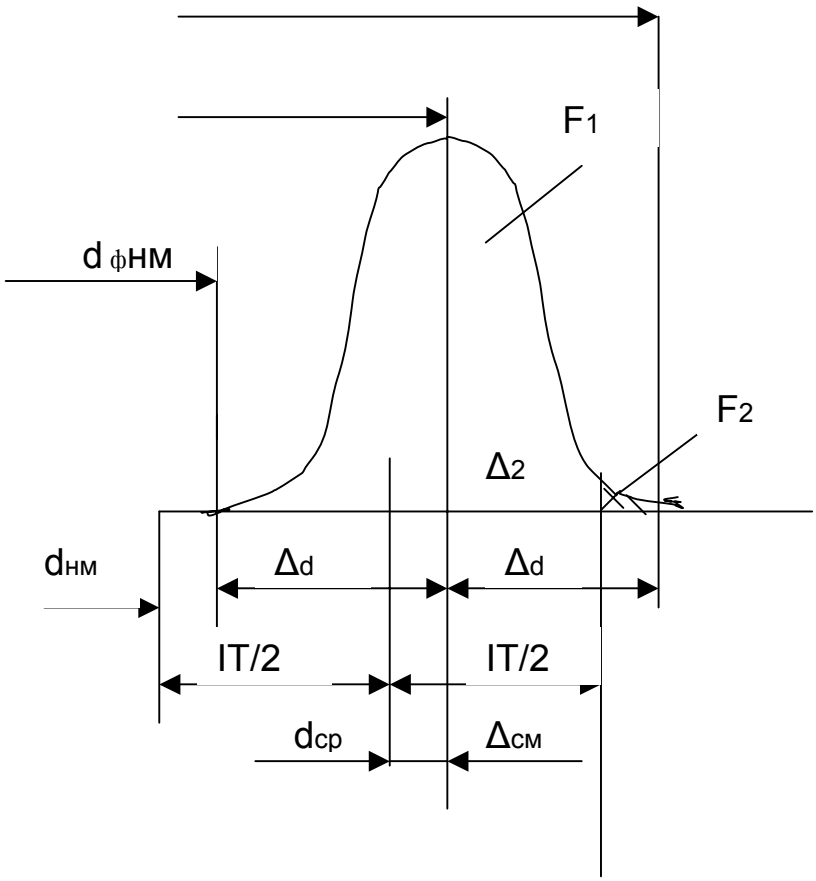

Рис. 2. Определение количества вероятного брака

Вопросы для самопроверки:

1. Основные положения

1. Цели и объекты математического моделирования в задачах технологического проектирования.
2. Основополагающие принципы построения и развития технической базы знаний. Причины введения каждого и задачи, возникающие в связи с необходимостью их реализации.
3. Требования, предъявляемые к математическим моделям.
4. Классификация математических моделей, используемых в задачах технологического проектирования.

2. Аналитические модели

5. Задачи выбора оптимальных решений при проектировании ТП. Одно- и многопараметрическая оптимизация.
6. Решение задач многопараметрической оптимизации при проектировании ТП графическим и аналитическим способами.
7. Линейное программирование. Примеры задач технологического проектирования, решаемых, с использованием рассматриваемого математического аппарата.
8. Графический метод решения задач с использованием аппарата линейного программирования.

3. Вероятностные модели

9. Статистические исследования в задачах оценки точности обработки, цели и алгоритм проведения.
10. Использование законов распределения случайных величин при проектировании ТП изготовления детали. Примеры типовых задач, решаемых на их базе в ходе проектирования.
11. Композиция законов распределения. Причины появления и особенности решения задач при проектировании ТП изготовления детали.
12. Использование теории вероятности для оценки точности обработки в задаче проектирования ТП изготовления детали.
13. Использование теории вероятности при оценке надежности функционирования Т-системы «обработка».
14. Методы оценки показателей надежности по результатам испытаний.
15. Модели со случайными факторами при исследовании многократно повторяющихся процессов. Системы массового обслуживания.

4. Моделирование дискретных объектов

16. Примеры использования теории графов в задаче проектирования ТП изготовления детали.

4.1 Теория множеств

17. Элементы теории множеств. Задание множеств в задаче проектирования ТП изготовления детали.
18. Операции над множеством в задачах технологического проектирования.
19. Понятие «отношения», «упорядоченное множество» в задаче проектирования ТП изготовления детали.

4.2 Теория графов

20. Элементы теории графов. Основные определения, причины и области применения в задачах проектирования ТП.
21. Моделирование при анализе Т-системы «деталь».
22. Моделирование при проектировании Т-системы «заготовка».
23. Моделирование при проектировании Т-системы «обработка».
24. Моделирование при исследовании Т-систем и в задаче проектирования ТП изготовления детали.
25. Моделирование при макро-исследовании Т-систем в задачах проектирования ТП изготовления детали.

5. Элементы математической логики

26. Математическая логика, причины и области применения в проблеме технологического проектирования.
27. Логика высказываний. Объекты и операции на примерах задач технологического проектирования.
28. Формулы алгебры высказываний на примерах задач технологического проектирования.
29. Методы реализации задач в виде «и» - «или» дерева решений.
30. .Логика предикатов. Операции над предикатами в задачах технологического проектирования.
31. Кванторы. Использование понятий в задачах технологического проектирования.
32. Алгоритмы. Общие свойства алгоритмов. Язык описания алгоритмов в задачах технологического проектирования.
33. Алгоритм поиска решений по таблицам соответствий в задачах технологического проектирования.

6. Планирование экспериментальных исследований

34. Сущность и цель планирования эксперимента.
35. Проведение исследования систем массового обслуживания на примере гибких автоматизированных производств.
36. Методы разработки и корректировки таблиц соответствий.
37. Экспериментальный подход при изучении сложных объектов. Преимущества методов планирования эксперимента.

7. Имитационное моделирование

38. Понятие имитационного моделирования. Использование имитационных моделей в машиностроении.
39. Проведение имитационных экспериментов с математической моделью изучаемого объекта при помощи ЭВМ.

Сводный темплан 2004 г.

Лицензия ЛР № 020308 от 14.02.97

Подписано в печать	2004.			Формат 60x84 1/16.
Б. кн.-журн.		П.л.2,00.	Б.л. 1,00.	РТП РИО СЗТУ.
Тираж				Заказ

Северо-Западный государственный заочный технический университет
РИО СЗТУ, член Издательско- полиграфической ассоциации
вузов Санкт-Петербурга
191186, Санкт-Петербург, ул. Миллионная, 5