

**Приложение 1 к РПД Информационные технологии  
и имитационное моделирование  
Специальность- 21.05.04 Горное дело  
специализация: №6 Обогащение полезных ископаемых  
Форма обучения – очная  
Год набора - 2020**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ  
ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

|    |                     |  |
|----|---------------------|--|
| 1. | Кафедра             | Горного дела, наук о Земле и природообустройства     |
| 2. | Специальность       | 21.05.04 Горное дело                                 |
| 3. | Специализация       | №6 Обогащение полезных ископаемых                    |
| 4. | Дисциплина (модуль) | Информационные технологии имитационное моделирование |
| 5. | Форма обучения      | очная  |
| 6. | Год набора          | 2020   |

**1. Методические рекомендации.**

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой, умение создавать тексты. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, выполнения контрольных письменных заданий.

При изучении дисциплины студенты выполняют следующие задания:

- изучают рекомендованную научно-практическую и учебную литературу;
- выполняют задания, предусмотренные для самостоятельной работы.

Основными видами аудиторной работы студентов являются лекции и практические занятия.

**Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям**

Семинарские занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

Семинар предполагает свободный обмен мнениями по избранной тематике. Он начинается со вступительного слова преподавателя, формулирующего цель занятия и характеризующего его основную проблематику. Затем, как правило, заслушиваются сообщения студентов. Обсуждение сообщения совмещается с рассмотрением намеченных вопросов. Сообщения, предполагающие анализ публикаций по отдельным вопросам семинара, заслушиваются обычно в середине занятия. Поощряется выдвижение и обсуждение альтернативных мнений. В заключительном слове преподаватель подводит итоги обсуждения и объявляет оценки выступавшим студентам. В целях контроля подготовленности студентов и привития им навыков краткого письменного изложения своих мыслей преподаватель в ходе семинарских занятий может осуществлять текущий контроль знаний в виде тестовых заданий.

Кроме указанных тем студенты вправе, по согласованию с преподавателем, избирать и другие интересующие их темы.

Качество учебной работы студента преподаватель оценивает с использованием технологической карты дисциплины, размещенной на сайте МАГУ.

### **Методические рекомендации по работе с литературой.**

Работу с литературой целесообразно начать с изучения общих работ по теме, а также учебников и учебных пособий. Далее рекомендуется перейти к анализу монографий и статей, рассматривающих отдельные аспекты проблем, изучаемых в рамках курса, а также официальных материалов и неопубликованных документов (научно-исследовательские работы, диссертации), в которых могут содержаться основные вопросы изучаемой проблемы.

Работу с источниками надо начинать с ознакомительного чтения, т.е. просмотреть текст, выделяя его структурные единицы. При ознакомительном чтении закладками отмечаются те страницы, которые требуют более внимательного изучения.

В зависимости от результатов ознакомительного чтения выбирается дальнейший способ работы с источником. Если для разрешения поставленной задачи требуется изучение некоторых фрагментов текста, то используется метод выборочного чтения. Если в книге нет подробного оглавления, следует обратить внимание ученика на предметные и именные указатели.

Избранные фрагменты или весь текст (если он целиком имеет отношение к теме) требуют вдумчивого, неторопливого чтения с «мысленной проработкой» материала. Такое чтение предполагает выделение: 1) главного в тексте; 2) основных аргументов; 3) выводов. Особое внимание следует обратить на то, вытекает тезис из аргументов или нет.

Необходимо также проанализировать, какие из утверждений автора носят проблематичный, гипотетический характер, и уловить скрытые вопросы.

Понятно, что умение таким образом работать с текстом приходит далеко не сразу. Наилучший способ научиться выделять главное в тексте, улавливать проблематичный характер утверждений, давать оценку авторской позиции – это сравнительное чтение, в ходе которого студент знакомится с различными мнениями по одному и тому же вопросу, сравнивает весомость и доказательность аргументов сторон и делает вывод о наибольшей убедительности той или иной позиции.

Если в литературе встречаются разные точки зрения по тому или иному вопросу из-за сложности прошедших событий и правовых явлений, нельзя их отвергать, не разобравшись. При наличии расхождений между авторами необходимо найти рациональное зерно у каждого из них, что позволит глубже усвоить предмет изучения и более критично оценивать изучаемые вопросы. Знакомясь с особыми позициями авторов, нужно определять их схожие суждения, аргументы, выводы, а затем сравнивать их между собой и применять из них ту, которая более убедительна.

Следующим этапом работы с литературными источниками является создание конспектов, фиксирующих основные тезисы и аргументы. Можно делать записи на отдельных листах, которые потом легко систематизировать по отдельным темам изучаемого курса. Другой способ – это ведение тематических тетрадей-конспектов по одной какой-либо теме. Большие специальные работы монографического характера целесообразно конспектировать в отдельных тетрадях. Здесь важно вспомнить, что конспекты пишутся на одной стороне листа, с полями и достаточным для исправления и ремарок межстрочным расстоянием (эти правила соблюдаются для удобства редактирования). Если в конспектах приводятся цитаты, то непременно должно быть дано указание на источник (автор, название, выходные данные, № страницы). Впоследствии эта информация может быть использована при написании текста реферата или другого задания.

Таким образом, при работе с источниками и литературой важно уметь:

- сопоставлять, сравнивать, классифицировать, группировать, систематизировать информацию в соответствии с определенной учебной задачей;
- обобщать полученную информацию, оценивать прослушанное и прочитанное;
- фиксировать основное содержание сообщений; формулировать, устно и письменно, основную идею сообщения; составлять план, формулировать тезисы;
- готовить и презентовать развернутые сообщения типа доклада;

- работать в разных режимах (индивидуально, в паре, в группе), взаимодействуя друг с другом;
- пользоваться реферативными и справочными материалами;
- контролировать свои действия и действия своих товарищей, объективно оценивать свои действия;
- обращаться за помощью, дополнительными разъяснениями к преподавателю, другим студентам.
- пользоваться лингвистической или контекстуальной догадкой, словарями различного характера, различного рода подсказками, опорами в тексте (ключевые слова, структура текста, предваряющая информация и др.);
- использовать при говорении и письме перифраз, синонимичные средства, слова-описания общих понятий, разъяснения, примеры, толкования, «словотворчество»;
- повторять или перефразировать реплику собеседника в подтверждении понимания его высказывания или вопроса;
- обратиться за помощью к собеседнику (уточнить вопрос, переспросить и др.);
- использовать мимику, жесты (вообще и в тех случаях, когда языковых средств не хватает для выражения тех или иных коммуникативных намерений).

### **Методические рекомендации по подготовке к сдаче зачета**

Подготовка к зачету способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых, в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. Готовясь к зачету, обучающийся ликвидирует имеющиеся пробелы в знаниях, углубляет, систематизирует и упорядочивает свои знания. На зачете обучающийся демонстрирует то, что он приобрел в процессе изучения дисциплины.

В условиях применяемой в МАГУ балльно-рейтинговой системы подготовка к зачету включает в себя самостоятельную и аудиторную работу обучающегося в течение всего периода изучения дисциплины и непосредственную подготовку в дни, предшествующие зачету по разделам и темам дисциплины.

При подготовке к зачету обучающимся целесообразно использовать не только материалы лекций, а и рекомендованные преподавателем правовые акты, основную и дополнительную литературу.

При подготовке к промежуточной аттестации целесообразно:

- внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;
- внимательно прочитать рекомендованную литературу;
- составить краткие конспекты ответов (планы ответов).

Качество учебной работы студентов преподаватель оценивает с использованием технологической карты дисциплины, размещенной на сайте МАГУ.

### **Методические указания по решению расчетных задач**

*Задача 1.* Производительность по сливу классификатора с погруженной спиралью рассчитывают по следующей формуле:

$$Q = m \cdot b^* \cdot \left( 0,0001 \cdot D^2 + 50 \cdot D - 18 \right),$$

где Q – производительность классификатора по сливу, т/сутки,  
 m – количество спиралей классификатора,  
 a, b – поправки на крупность слива и на плотность материала,  
 D – диаметр спирали, м.

Используя аппарат подбора параметра Excel, определите по приведенной формуле диаметр спирали классификатора, если  $Q=(700)$  т/сутки,  $a=1,60$ ,  $b=1,15$ ,  $m=2$ .

Методические указания по выполнению задачи:

1. загрузить программу Excel;
2. в ячейку A1 листа рабочей книги Excel ввести расчетную формулу в следующем виде  $=2*1,6*1,15*(50*A2^2+50*A2-18)$ ;
3. выбрать команду меню Сервис/Подбор параметра;
4. в диалоге -Подбор параметра|| в окне -Установить в ячейке|| указать адрес ячейки, содержащей расчетную формулу производительности классификатора по сливу (A1), в окне -Значение|| указать то значение, которое должно быть достигнуто ( $700-100*N$ ) и в окне -Изменяя ячейку|| ввести абсолютную ссылку на ячейку, содержащую значение диаметра классификатора ( $\$A\$2$ );
5. щелкнуть кнопку -Ok|| ;
6. ознакомиться с результатами выполнения операции подбора параметра в окне -Состояние подбора параметра|| и щелкнуть кнопку -Ok|| для изменения значения ячейки A2 в соответствии с найденным решением.

*Задача 2.* Составьте оптимальный план производства продукции двух видов так, чтобы стоимость всей продукции была максимальной, если известно, что

| Продукция, вид | Стоимость продукции, у.е. | Нормы расхода ресурсов |              |            |
|----------------|---------------------------|------------------------|--------------|------------|
|                |                           | труд<br>овых           | сырьевы<br>х | материалов |
| 1              | 20                        | 1                      | 2            | 4          |
| 2              | 20                        | 3                      | 2            | 3          |

Общий объем имеющихся ресурсов:

- трудовых – 12,
- сырья - 16,
- материалов – 9.

Методические указания по выполнению задачи.

Задача №2 относится к задачам линейного программирования. Процесс решения задач этого вида обычно состоит из следующих этапов:

- осмысление задачи, выделение необходимых величин, параметров для ее решения;
- введение обозначения переменных для неизвестных величин, при этом необходимо выражать по возможности одни величины через другие, чтобы обойтись минимальным количеством неизвестных;
- создание целевой функции,
- составление системы ограничений, которым должны отвечать введенные переменные;
- решение задачи на компьютере.

Инструментом для поиска решений задач линейного программирования в Excel служит процедура Сервис/Поиск решения.

Рассмотрим методику решения задачи.

Пусть искомое количество продукции 1-ого типа составляет  $X_1$ , а 2-ого типа –  $X_2$ .

Составим целевую функцию, составляющую стоимость всей производимой продукции:

$$Z = 20 * X_1 + 20 * X_2.$$

Определим имеющиеся ограничения, руководствуясь данной в условии задачи таблицей:

Кроме того, поскольку нельзя продать дробную часть единицы продукции, то

$$1 * X_1 + 3 * X_2 \leq 22$$

$$2 * X_1 + 2 * X_2 \leq 6$$

$$4 * X_1 + 3 * X_2 \leq 19$$

где  $X_1$  – целое,

$X_2$  – целое;

и поскольку количество продукции любого вида не может быть отрицательным, то

$X_1 > 0$ ,

$X_2 > 0$ .

Теперь можно приступить к решению задачи на ЭВМ.

1. загрузим программу Excel;
2. в ячейки C1 и D1 листа рабочей книги Excel введем начальные значения неизвестных  $X_1$  и  $X_2$  (нули) – в дальнейшем значения этих ячеек будут подобраны автоматически;
3. в ячейки A2:A4 введем значения объемов имеющихся ресурсов – числа 22,6,19,соответствующие объемам трудовых, сырьевых, материальных ресурсов;
4. в ячейках диапазона C2:E4 разместим таблицу норм расхода ресурсов (трудовых, сырьевых, материальных) для каждого вида продукции;
5. в ячейках B2:B4 укажем формулы для расчета расхода каждого вида ресурсов. Для трудовых ресурсов в ячейке B2 формула будет иметь следующий вид

$$= \$C\$1 * C2 + \$D\$1 * D2,$$

остальные формулы аналогичны приведенной;

6. в ячейку E1 введем формулу целевой функции  $=20*(C1+D1)$ ;
7. выберем команду меню Сервис/Поиск решения;
8. в появившемся окне мастера «Поиска решения» в поле –Установить целевую ячейку|| укажем адрес ячейки, содержащей оптимизируемое значение( $Z$ ), установим переключатель «Равной» в положение «максимальному значению».
9. в поле –Изменяя ячейки|| укажем диапазон подбираемых параметров (неизвестных  $X_1, X_2$ ) – C1:D1;
10. определим набор ограничений, для этого последовательно будем нажимать кнопку «Добавить» и вводить в появляющемся диалоговом окне «Добавление ограничения» следующие ограничения: B2:B4  $\leq$  A2:A4, C1:D1 = целое, C1:D1  $\geq$  0, в соответствии с определенными ранее условиями;
11. щелкнем кнопку –Выполнить|| ;
12. по завершению оптимизации откроется диалоговое окно «Результаты поиска решения», установим переключатель «Значения параметров» в положение «Сохранить найденное значение», после чего щелкнем кнопкой «Ок».
13. ознакомьтесь с результатами выполнения оптимизации и проанализируйте решение, проверив его оптимальность.

*Задача 3.* При расчете крупности слива гидроциклона диаметр граничного зерна слива находят по формуле

$$d_T = 0.9 * \frac{d}{\Delta} \sqrt{\frac{D T_n}{H^{1/2} * (\rho_{тв} - \rho_{ж})}} \quad (\text{мкм})$$

- где  $d_T$  - диаметр граничного зерна (мкм),

$D, d, \Delta$  - диаметры соответственно гидроциклона, сливного патрубка и песковой насадки (см),

$H$  – давление на входе гидроциклона (кгс/см<sup>2</sup>),

$T_n$  – содержание твердого в питании (г/см<sup>3</sup>),

$\rho_{тв}$  и  $\rho_{ж}$  - плотность соответственно твердого и жидкого (г/см<sup>3</sup>).

Используя функции Excel постройте график зависимости  $d_T$  от  $T_n$  и  $(\rho_{тв} - \rho_{ж})$  в диапазоне изменения значений  $T_n$  от 10% до 60% с шагом 5% и  $(\rho_{тв} - \rho_{ж})$  в диапазоне от 0,5 г/см<sup>3</sup> до 4 г/см<sup>3</sup> с шагом 0,5 г/см<sup>3</sup> при значении величины разгрузочного отношения  $\Delta/d = 0.1$ ,  $D = 175+N$  мм,  $N = \text{кгс/см}^2$ .

Методические указания по выполнению задачи.

График (диаграмма) - это способ наглядного представления данных, заданных в виде таблицы чисел. Демонстрация данных с помощью графика (диаграммы) помогает лучше понять и ускорить работу.

В Excel существуют два варианта размещения диаграмм:

- вставка диаграммы в лист Excel непосредственно (внедренная диаграмма);
- создание диаграммы на новом листе рабочей книги Excel.

Данные для построения диаграмм могут быть расположены в смежных и несмежных диапазонах, а также на разных листах и даже в разных рабочих книгах.

Excel обладает достаточно мощными средствами по настройке диаграмм, позволяя выполнять:

- изменение диапазонов данных, добавление новых или удаление существующих;
- выбирать линии сетки;
- изменение размера и расположения легенды;
- изменение места пересечения осей, корректировку масштаба осей;
- добавление заголовков к осям и диаграмме, размещение текста в диаграмме и т.д.

Перед вами стоит задача по приведенной формуле и заданным значениям параметров последовательно:

- создать на листе Excel таблицу данных зависимости диаметра граничного зерна  $d_T$  от  $T_n$  и  $(\rho_{тв} - \rho_{ж})$ ;
- с использованием мастера построения диаграмм построить диаграмму, визуализирующую расчетную таблицу данных;
- отредактировать диаграмму;
- оформить результаты работы (перенести таблицу данных и диаграмму в файл контрольной работы, редактируемый в текстовом процессоре).

После уяснения плана выполнения задания №3 выполните следующие действия:

1. загрузите Excel 97;

2. создайте таблицу данных, для этого:

- в ячейку A3 введите значение  $T_n = 10\%$ , затем выбрав «Правка/Заполнить/Прогрессия» в появившемся мастере заполнения укажите «Расположение» - по столбцам, «Тип» - арифметическая, «Шаг» - 5%, «Предельное значение» - 60%;

- выполните аналогичные действия для заполнения диапазона B2:I2 значениями  $(\rho_{тв} - \rho_{ж})$  от 0,5 г/см<sup>3</sup> до 4 г/см<sup>3</sup> с шагом 0,5 г/см<sup>3</sup>;

- введите в ячейку B1 - 15%, C1 - 1 (г/см<sup>3</sup>), для начальной подстановки;

- введите в ячейку A2 расчетную формулу диаметра граничного зерна в виде  $=0,9*10/6*\text{КОРЕНЬ}(185*B1/\text{КОРЕНЬ}(1,2)/C1)$  (в данном случае  $N=10$ ), выделите диапазон A2:I13, затем выберите «Данные/Таблица подстановки» и в появившемся окне мастера подстановки укажите «Подставлять значения по столбцам» - C1, а «Подставлять значения по строкам» - B1, и получите заполненную таблицу значений двухфакторной зависимости диаметра граничного зерна;

3. запустите «Мастер диаграмм» для построения графика на основании данных полученной таблицы. Для этого выделите диапазон ячеек A3:I13 и нажмите кнопку инструментального меню «Мастер диаграмм»;

4. постройте точечную диаграмму со значениями, соединенными сглаживающими линиями. Для этого выполнить следующее:

- на первом шаге работы мастера диаграмм выберите на вкладке «Стандартная» тип диаграммы – «Точечная», вид диаграммы – точечную диаграмму со значениями, соединенными сглаживающими линиями. Нажмите кнопку «Далее» .

- на втором шаге работы мастера :

- на вкладке «Диапазон данных» выбрать ряды в столбцах;
- на вкладке «Ряд» выбрать из списка «Ряд» элемент «Ряд 1» и ввести «0,5 г/см<sup>3</sup>» в поле ввода «Имя» (аналогично ввести имя второго ряда – «1,0 г/см<sup>3</sup>» и так далее);
- нажать кнопку «Далее» .

- на третьем шаге работы мастера:

- на вкладке «Заголовки» введите название диаграммы – «Результаты расчетов диаметра граничного зерна слива гидроциклона», название оси X – «Содержание твердого в питании, %» и название оси Y – «Диаметр граничного зерна, мкм» ;
- на вкладке «Подписи данных» выбрать переключатель «нет» подписей данных; на вкладке «Легенда» отменить параметр «Добавить легенду» ;
- нажать кнопку «Далее» .

- на четвертом шаге работы мастера выбрать в группе «Поместить диаграмму на листе» переключатель «на отдельном» . Нажать кнопку «Готово» .

5. отредактируйте диаграмму, расположенную на листе «Диаграмма 1», используя кнопки инструментального меню «Диаграммы» :

- установите новый фон области диаграммы. Для этого:

- нажмите кнопку инструментального меню «Элементы диаграммы» и выберите в списке элемент «Область диаграммы» ;
- нажмите кнопку инструментального меню «Формат области диаграммы» ;
- на вкладке «Вид» в окне команды в группе «Рамка» выберите переключатель «Обычная», тип и толщину линии (толстая линия);
- на вкладке «Вид» в группе «Заливка» выберите кнопку «Способы заливки» ;
- в окне «Заливка» выберите вкладку «Градиентная», а в группе «Цвета» выберите переключатель «Заготовка» ;
- в появившемся списке «Название заготовки» выберите тот элемент, который понравился (например, «красное дерево» ) ;
- в группе «Тип штриховки» выберите переключатель «от центра» и вариант фона; два раза щелкните по кнопке «Ок» .

- выполните форматирование заголовка диаграммы, изменив начертание, размер и цвет символов шрифта. Для этого:

- нажмите кнопку инструментального меню «Элементы диаграммы» и выберите в списке элемент «Заголовок диаграммы» ;
- нажмите кнопку инструментального меню «Формат заголовка диаграммы» ;
- в окне команды на вкладке «Шрифт» выбрать из списка шрифт – Arial Black, начертание «Regular курсив», размер – 20, подчеркивание – «одинарное по значению», цвет символов – «темно-коричневый» (как пример);
- щелкните по кнопке «Ок» .

- выполните форматирование заголовков оси X (ось категорий) и оси Y (ось значений). Повторите действия предыдущего пункта для элементов «Заголовок оси категорий» и

«Заголовок оси значений», установив, например, темно-коричневый цвет символов и размер - 16;

- выполните форматирование оси категорий, оси значений и оси ряда данных, установив, например, коричневый цвет для символов;

- выполните предварительный просмотр листа с диаграммой перед печатью. Для этого щелкните по кнопке инструментального меню –Предварительный просмотр|| . Для выхода из команды щелкните по кнопке –Закрыть|| ;

*Задача 4.* При изучении обогатимости руды в ряде повторяющихся испытаний были получены следующие значения эффективности обогащения {92.5%; (80+N)%; 97.2%; 88.8%; 87.1%; 90.7%}. Используя функции Excel, вычислите выборочные характеристики полученных данных: математическое ожидание, дисперсию, стандартное отклонение и медиану.

Методические указания по выполнению задачи.

Полученные в результате наблюдений или эксперимента наборы данных называются выборками. Для анализа данных выборки подвергаются статистической обработке, в результате которой определяют статистические параметры выборки. Обычно - это математическое ожидание (среднее значение), дисперсия, стандартное отклонение, медиана и др.

1. Для использования инструментов анализа данные исследуемой выборки следует ввести на рабочий лист Excel в виде диапазона смежных ячеек, например, A1:A6.
2. Выберите команду «Сервис/Анализ данных», затем в появившемся списке «Инструменты анализа» выберите строку «Описательная статистика»
3. В появившемся диалоговом окне в поле «Входной интервал»
  - укажите входной диапазон, выделяя его указателем мыши;
  - в пункте «Группировка» установите переключатель в положение «по строкам»;
  - активировав переключателем поле «Выходной интервал», укажите начало выходного диапазона, например, C1;
  - установите флажок в поле «Итоговая статистика»
  - нажмите «Ок».

*Задача 5.* Выборочный контроль продукции проводят так: из партии в 100 вагонов с продукцией выбирается 20 вагонов и при обнаружении в этой выборке хотя бы одного вагона с некондиционной продукцией вся партия бракуется.

В партии из 100 вагонов имеется 10+N вагонов с некондиционной продукцией. Используя функции Excel, рассчитайте, какова вероятность того, что хотя бы один вагон с некондиционной продукцией попадет в контрольную выборку из 20 вагонов из этой партии.

Методические указания по выполнению задачи.

Можно оценить вероятность события, имеющего случайный характер, если известен закон распределения вероятностей.

Биномиальное распределение – одно из самых распространенных дискретных распределений, служащее вероятностной моделью для многих явлений. Оно применимо в тех случаях, когда нас интересует, сколько раз происходило некоторое событие в серии из определенного числа независимых наблюдений, выполненных в одинаковых условиях.

Для решения поставленной задачи следует рассчитать вероятность попадания в контрольную выборку 1, 2,3...10+N вагонов с некондиционной продукцией, используя функцию биномиального распределения.

Для этого следует выполнить следующие действия:

1. ввести в диапазон смежных ячеек, например, A1:A20 количества вагонов с некондиционной продукцией, которые могут попасть в контрольную выборку;
2. рассчитать вероятность попадания минимального количества вагонов в контрольную выборку (1), для чего вставить в ячейку B1 функцию БИНОМРАСП, указать для параметра «число\_успехов» ссылку на ячейку A1, «число испытаний» - 20, «вероятность успеха» (вероятность обнаружить вагон с некондиционной продукцией) - 0,2, «интегральная» - 0;

3. скопировать полученное выражение в ячейки A2:A20, чтобы получить вероятность попадания 2,3...20 вагонов в выборку;
4. суммировать полученные вероятности, чтобы получить вероятность попадания хотя бы одного (и более) вагона с некондиционной продукцией в контрольную выборку.

*Задача 6.* Используя функцию Excel, найдите вероятность того, что при опробовании цикла обогащения будет получено извлечение  $\varepsilon$  (89)% при нормальном законе распределения вероятностей извлечения с параметрами распределения  $M=95\%$  и  $\sigma=2.5\%$ .

Методические указания по выполнению задачи.

Нормальное распределение широкое используется для приближенного описания многих случайных явлений, в которых на результат воздействует большое количество независимых случайных факторов, среди которых нет сильно выделяющихся. Кроме того, многие распределения при увеличении объема случайной выборки переходят в нормальное распределение.

Для решения поставленной задачи следует использовать функцию Excel НОРМРАСП.

Для этого следует выполнить следующие действия:

1. запустите Excel;
2. вызовите функцию НОРМРАСП;
3. рассчитать искомую вероятность, подставив в мастере функции значения извлечения, для которого определяется вероятность, среднего арифметического и стандартного отклонения, заданных в условии задачи. Для логического значения «интегральный» подставьте 1, чтобы использовать для расчета интегральную функцию нормального распределения;
4. скопируйте полученное значение вероятности и расчетную формулу в текст контрольной работы и оформите решение задачи.

*Задача 7.* В ходе испытания двух лабораторных флотационных машин в одинаковых условиях получены две выборки эффективности обогащения: {92.5%; 87.5%; (80.1)%; 91.2%; 87.1%} и {85.1%; 89.7%; (75.5)%; 82.3%; 82.2%}. Используя критерий Стьюдента, определите, имеют ли эти выборки достоверное (статистически значимое) различие, используя функцию Excel.

Методические указания по выполнению задачи.

Для решения задач о наличии различий между двумя выборками используются так называемые критерии различия. Наиболее часто используемым критерием различия является критерий Стьюдента, позволяющий найти вероятность того, что оба средних по выборкам относятся к одной и той же генеральной совокупности. Если эта вероятность ниже уровня значимости, например, меньше 0,05, то принято считать, что выборки относятся к двум разным совокупностям.

Для решения поставленной задачи следует использовать функцию Excel ТТЕСТ.

Для этого следует выполнить следующие действия:

1. запустите Excel;
2. введите в диапазон A1:A5 значения эффективности обогащения первой выборки, а в диапазон B1:B5 – второй;
3. вызовите функцию ТТЕСТ;
4. указателем мыши введите диапазон данных первой выборки в поле «Массив 1», а диапазон данных второй выборки в поле «Массив 2». В поле «Хвосты» введите значение 2, что соответствует учету обоих хвостов распределения, а в поле «Тип» - значение 3, что соответствует опции проведения двухвыборочного теста с неравными дисперсиями;
5. сравните полученную величину вероятности случайного появления анализируемых выборок (для  $N=10$  она составляет 0,027) с уровнем значимости (0,05). Рассчитанная вероятность

меньше установленного уровня значимости, следовательно, различия между выборками не случайны и средние выборок считаются достоверно отличающимися друг от друга, дайте ответ на поставленный в задаче вопрос.

*Задача 8.* При опробовании флотационной машины в одинаковых условиях до и после ремонта получены две выборки эффективности обогащения: {72.3%; 61.5%; (60.7%); 71.1%; 67.1%} и {74.2%; 70.6%; 71.5%; 72.2%; 75.4%}. Используя критерий Стьюдента, определите, имеют ли эти выборки достоверное (статистически значимое) различие, используя функцию Excel.

Методические указания по выполнению задачи.

Для решения поставленной задачи также как и в задаче №7 следует использовать функцию Excel ТТЕСТ.

Для этого следует выполнить следующие действия:

- запустите Excel;
- введите в диапазон A1:A5 значения эффективности обогащения первой выборки, а в диапазон B1:B5 – второй;
- вызовите функцию ТТЕСТ;
- указателем мыши введите диапазон данных первой выборки в поле «Массив 1», а диапазон данных второй выборки в поле «Массив 2». В поле «Хвосты» введите значение 2, что соответствует учету обоих хвостов распределения. В поле «Тип» следует ввести значение 1, что соответствует опции «парный тест» и отвечает взаимной зависимости результатов опробования до и после ремонта, поскольку опробование выполняется на одной и той же флотационной машине;
- сравните полученную величину вероятности случайного появления анализируемых выборок с уровнем значимости (0,05). Если рассчитанная вероятность меньше установленного уровня значимости, следовательно, различия между выборками не случайны и средние выборок считаются достоверно отличающимися друг от друга, в противном случае – различия между выборками могут быть случайными и средние выборок не считаются достоверно отличающимися друг от друга, дайте ответ на поставленный в задаче вопрос.

*Задача 9.* Используя Excel, составьте расписание случайного ежедневного контроля результатов обогащения каждой из 4-х стадий флотационного цикла сроком на месяц. Вероятность проведения контроля над результатами работы 4-ой стадии флотации должна быть в 2 раза больше, чем для остальных стадий. Длительность месяца определите исходя из его порядкового номера N для текущего года.

Методические указания по выполнению задачи.

Бывают ситуации, когда необходимо получить последовательность случайных чисел.

Для решения поставленной задачи следует использовать процедуру «Генерация случайных чисел», которая является одним из инструментов пакета анализа Excel. Следует выполнить следующие действия:

- запустите Excel;
- введите в диапазон A1:A4 номера стадий флотации, а в диапазон B1:B4 – вероятности проведения их контроля (0,2 для 1-3 стадий флотации, 0,4 – для 4-ой стадии);
- заполните диапазон C1:C31 числами месяца, в котором будет проводиться случайный контроль, для этого в ячейку C1 введите значение 1, затем выберите «Правка/Заполнить/Прогрессия» в появившемся мастере заполнения укажите «Расположение» - по столбцам, «Тип» - арифметическая, «Шаг» - 1, «Предельное значение» - 31;
- вызовите процедуру «Сервис/Анализ данных/Генерация случайных чисел»;
- в появившемся диалоговом окне укажите «Число переменных» - 1, «Число случайных чисел» - количество дней в месяце, в поле «Распределение» - дискретное, поскольку будут

использованы только натуральные числа, в поле «Входной интервал значений и вероятностей» введите указателем мыши диапазон A1:B4, установите флажок в поле «Выходной диапазон» и в правое поле ввода «Выходной диапазон» введите B1, нажмите «Ок»;

6. в столбце D появляются номера стадий флотации, расположенные в случайном порядке, например: 3,1,4,2,4... и т.д. Полученные результаты означают, что в первые сутки следует контролировать работу 3-ьей стадии, во вторые – 1-ой, в третьи – 4-ой и т.д., введите название и заголовки таблицы.

*Задача 10.* Используя Excel, определите по приведенным в таблице данным степень взаимосвязи (коэффициент корреляции) удельной поверхности и содержания в продукте измельчения апатит-нефелиновой руды класса -0,074 мм.

|  |   |      |      |    |      |   |      |
|--|---|------|------|----|------|---|------|
| Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг | 5 | 40,8 | 81,2 | 5  | 115, | 7 | 164, |
| Содержание класса -0,074 мм              | 5 | 18   | 32   | 55 | 72   |   |      |

Методические указания по выполнению задачи.

Коэффициент корреляции – параметр, характеризующий степень линейной взаимосвязи между двумя выборками. Коэффициент корреляции является безразмерной величиной и его значение не зависит от единиц измерения случайных величин. Коэффициент корреляции изменяется от -1 (строгая обратная линейная зависимость) до +1 (строгая прямая пропорциональная зависимость). При значении равном 0 линейной зависимости между выборками нет.

Для решения поставленной задачи следует использовать функцию Excel КОРРЕЛ.

Для этого следует выполнить следующие действия:

7. запустите Excel;
8. введите в диапазон A1:A5 значения величины удельной поверхности, а в диапазон B1:B5 – содержания класса -0,074 мм;
9. вызовите функцию КОРРЕЛ;
10. указателем мыши введите диапазон данных первой выборки в поле «Массив 1», а диапазон данных второй выборки в поле «Массив 2», нажмите «Ок».

### 1.6. Методические рекомендации по имитационному моделированию

Имитационное моделирование осуществляется путем проведения эксперимента на ЭВМ с разработанной моделью (программой) при многократном прогоне программы для заданного множества исходных данных. Результатом моделирования является множество показателей функционирования исследуемой системы.

Имитационные модели и исходные данные для моделирования имеют вероятностную природу. Моделирование вероятностных процессов основывается на методе статистических испытаний (так называемый метод Монте-Карло), но имитационные модели могут содержать и детерминированные элементы (расчеты по формулам, последовательность событий в модели и др.).

Имитационное моделирование является мощным инженерным методом исследования сложных систем, используемых в тех случаях, когда другие методы оказываются малоэффективными. Основным достоинством имитационного моделирования является универсальность подхода при моделировании систем любой степени сложности с заданной степенью детализации. Недостатками имитационного моделирования являются большое время моделирования и сложность построения адекватных имитационных моделей.

Имитационная модель представляет собой систему, отображающую структуру и функционирование исходного объекта в виде алгоритма, связывающего входные и выходные переменные, принятые в качестве характеристик исследуемого объекта.

Имитационные модели реализуются программно с использованием различных языков. Для удобства имитационного моделирования созданы специальные алгоритмические языки (системы моделирования), многие операторы которых по существу представляют собой обращения к соответствующим стандартным подпрограммам, реализующих разные этапы моделирования.

Одной из наиболее распространенных систем моделирования (и, соответственно, языков моделирования), специально предназначенных для построения имитационных моделей, является GPSS - General Purpose Simulation System (моделирующая система общего назначения). Язык GPSS разработан фирмой IBM и входит в число наиболее распространенных языков программирования. Имеются трансляторы с языка GPSS для ЭВМ различных типов, в том числе для IBM-совместимых ПЭВМ.

### **Функциональная структура GPSS/PC**

В состав GPSS входят следующие типы объектов:

- транзакты,
- блоки,
- списки,
- устройства памяти,
- логические ключи,
- очереди,
- таблицы,
- ячейки,
- функции,
- переменные.

Любую модель на языке GPSS можно представить в виде комбинации компонентов, взятых из числа названных объектов.

Модель имеет три уровня представления:

- верхний уровень, определяемый комбинацией основных функциональных объектов устройств памяти, ключей, очередей;
- средний уровень, представляемый схемой из типовых блоков, между которыми перемещаются транзакты;
- уровень физической реализации языка GPSS в виде программ и наборов данных, составляющих основу моделирующей системы.

**Блоки.** Разработчик конструирует модель из блоков, прибегая, как правило, к наглядной форме ее отображения в виде блок-схемы. Для удобства специфического представления модели каждый блок GPSS имеет принятое стандартное обозначение.

Построенная схема является одновременно программой на языке GPSS. Для ее ввода в ЭВМ необходимо последовательность блоков представить в виде списка операций, добавив к названиям блоков требуемые операнды. Каждый блок GPSS имеет входы и выходы, с помощью которых осуществляется их связь в модели. Существуют два особых блока: GENERATE, имеющий только выход, и TERMINATE, имеющий только вход. Через блок GENERATE транзакты вводятся в модель. Блок TERMINATE удаляет транзакты из модели.

Любую модель на языке GPSS можно представить в виде совокупности блоков (рис. 1).

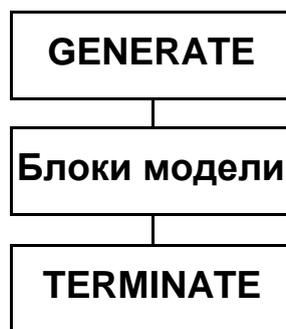


Рис. 1 Общая структура GPSS-модели.

Ниже дано описание основных функциональных объектов GPSS.

**Транзакты.** Функционирование объекта отображается в модели в виде перемещения транзактов от блока GENERATE в блок TERMINATE через промежуточные блоки. Транзакты, или сообщения, являются абстрактными подвижными элементами, которые могут моделировать различные объекты реального мира: сообщения, программы, транспортные средства, людей, предметы и т.п. Перемещаясь между блоками модели транзакты вызывают (и испытывают) различные действия. Возможны их задержки в некоторых точках модели, изменения маршрутов и направлений движения, расщепление транзактов на несколько копий и т.п. С каждым транзактом связан упорядоченный набор данных. Он включает номер транзакта, номер блока в котором в данный момент находится транзакт, номер следующего блока, время перехода в следующий блок, приоритет характеризующий очередность обработки транзактов в определенных случаях, а также набор параметров с помощью которых каждому транзакту можно присвоить числовые значения, выражающие желаемые свойства или характеристики моделируемых объектов- вес скорость, объем, цвет, время обработки и т.п.

Все объекты GPSS имеют числовые характеристики называемые стандартными числовыми атрибутами (СЧА). Транзакты имеют четыре СЧА:

$P_j$  - параметр с номером  $j$ ;

$M_j$  - время прохождения транзактом участка модели;

$MP_j$  - промежуточное время, записываемое в параметре  $P_j$ ,

$X_j$  - номер транзакта.

**Списки.** Списки относятся к элементам внутренней организации системы GPSS Они представляют собой структуры данных, в которых размещается полная информация о транзактах. С помощью списков обеспечивается внутренняя логика работы моделирующей системы.

Список будущих событий содержит транзакты, которые смогут начать движение в модели в будущие моменты времени. Это те транзакты, для которых моменты начала движения определены в блоках GENERATE и ADVANCE. В список текущих событий входят транзакты, которые должны перемещаться в модели в текущий момент модельного времени Если при этом транзакт входит в блок ADVANCE с ненулевым временем задержки, то он перемещается в список будущих событий.

Процесс движения транзактов в модели сопровождается просмотром содержимого списков, внесением в них изменений, а также перемещением транзактов из одного списка в другой. Транзакты, находящиеся в списке текущих событий, расположены в порядке убывания приоритетов. Когда транзакт вводится в список текущих событий, он становится последним среди транзактов, имеющих тот же приоритет. Процедура просмотра списка текущих событий выполняет три основных действия:

1. Изменение момента условного времени. При этом момент времени устанавливается равным наименьшему времени выхода из блока для транзактов, находящихся в списке будущих событий Все транзакты, имеющие такое время выхода, переводятся из списка будущих событий в список текущих событий.

2. Последовательный просмотр транзактов от начала списка к его концу с целью определения возможностей движения транзактов в модели.

3. Попытка продвижения транзакта в последующие блоки. Если транзакт может войти в следующий блок, выполняется программа, соответствующая данному блоку. Если дальнейшее движение транзакта невозможно в силу тех или иных условий, процедура переходит к обработке следующего транзакта, и так до тех пор, пока дальнейшее продвижение любого транзакта станет невозможным. Тогда осуществляется изменение момента уловного времени и процедура повторяется сначала.

**Устройства.** Устройства моделируют объекты, в которых может происходить обработка транзактов. Как правило, она связана с затратами времени. Особенность устройств состоит в том, что каждое из них в данный момент времени может быть занято лишь одним транзактом. В GPSS имеется возможность моделировать прерывания устройств. Существуют средства логической проверки состояния устройств. Каждое из действий с устройством отображается в модели определенным блоком. Захват и освобождение устройства моделируются соответственно блоками SEIZE и RELEASE.

**Память.** Память служит для моделирования объектов обладающих определенной емкостью. Память моделируется блоками ENTER и LEAVE. Входящий в блок ENTER транзакт занимает определенную часть памяти. При входе транзакта в блок LEAVE память освобождается.

**Логические ключи.** Для представления в модели коммутируемых объектов с двумя состояниями (ВКЛЮЧЕНО — ВЫКЛЮЧЕНО) используют логические ключи, моделируемые блоками LOGIC и GATE. При входе транзакта в блок LOGIC происходит срабатывание соответствующего ключа. Ключ может быть включен, выключен или переключен.

**Очереди.** Транзакты в процессе движения могут задерживаться перед блоками, вход в которые в данных условиях невозможен. При поступлении транзактов на вход задерживающих блоков образуются очереди. Для сбора статистики об очередях в местах задержки ставят блоки QUEUE. Эти блоки являются средством регистрации очереди. При входе транзакта в блок QUEUE текущая длина очереди получает приращение. Уход из очереди отображается блоком DEPART.

**Таблицы.** Для сбора статистических данных и их представления используют таблицы. Занесение информации в таблицу осуществляется блоком TABULATE в момент входа очередного транзакта в этот блок.

**Ячейки.** Для записи и процессе моделирования текущих значений СЧА используют ячейки. Занесение информации в ячейку осуществляет блок SAVEVALUE. При входе транзакта в этот блок требуемое значение СЧА фиксируется в ячейке, номер которой определяется операндом блока SAVEVALUE. Изменение содержимого ячеек может осуществляться блоками SDECREMENT (вычитание) и SINCREMENT (суммирование).

**Функции и переменные.** Функции служат для отображения зависимостей между двумя СЧА В GPSS/PC имеются два типа функции непрерывные (C) и дискретные (D). Функцию задают набором пар точек. Непрерывная функция воспроизводится в виде ломаной кривой, отрезки которой соединяют соседние точечные значения. Дискретная функция имеет вид ступенчатой кривой.

**Форматы операторов GPSS/PC.** Операторы GPSS/PC имеют следующий формат:

Метка\_Операция\_Операнды\_;Комментарии

Знак "\_" указывает пробел, знак ";" объявляет начало поля комментариев. Метка, если она имеется, должна начинаться с первой колонки и содержать не более пяти алфавитно-цифровых символов начинающихся с буквы. Звездочка (\*) в первой колонке означает строку комментариев.

Поле операции содержит название блока или служебного оператора. Это поле может начинаться со второй колонки и должно быть отделено от метки пробелом. Длина поля операции - не менее четырех символов (начальные символы блоков или карт).

Поле операндов отделяют от поля операции пробелом. Между операндами должны стоять запятые. Карты описания таблиц функций переменных и памятей должны иметь в поле метки числа от 1 до 32 767 или предварительно определенный символ.

## **Описания форматов блоков служебных и управляющих операторов GPSS/PC, используемых при выполнении контрольного задания.**

### **1. ADVANCE (задержать транзакт).**

Формат:

ADVANCE A, B

где A - среднее время задержки (константа, если B не задано),

B - разброс относительно среднего значения,  $B < A$ .

Блок ADVANCE моделирует временную задержку транзакта в течение определенного интервала. Значение задержки по умолчанию равно нулю. Если поле B не является функцией, то время задержки является случайной величиной, распределенной равномерно на интервале от  $(A+B)$  до  $(A-B)$ . Если поле B является функцией, то время задержки определяется произведением поля A на значение функции в поле B. Функция может быть использована для задания времени задержки с определенным средним значением и отклонением, зависящим от A.

### **2. GENERATE (генерировать) — вводит транзакты в модель.**

Формат:

GENERATE A, B, C D, E, F, G

где A - среднее значение интервала времени,

B - разброс или модификатор среднего значения (по умолчанию 0),

C - время появления первого транзакта,

D - общее число генерируемых транзактов,

E - уровень приоритета каждого транзакта (от 0 до 127, значение по умолчанию 0),

F - число параметров (по умолчанию 12),

G — тип параметра (F—полнословный, H—полусловный по умолчанию).

Вводит транзакты в модель, посылая их в следующий по порядку блок. Если в поле B не указана функция, то интервал между поступлением транзактов определяется случайной величиной, распределенной равномерно на интервале от  $(A+B)$  до  $(A-B)$ . Если поле B является функцией, то этот интервал определяется произведением поля A на значение функции, заданной в поле B.

### **3. QUEUE (стать в очередь) - помещает транзакт в конец очереди.**

Формат:

QUEUE A, B

где A - номер очереди (числовое или -символьное имя очереди),

B - число добавляемых к очереди элементов (по умолчанию 1),

Увеличивает текущее содержимое очереди, указанной в поле A, на значение в поле B. Если поле B не определено, увеличивается содержимое очереди на единицу. Транзакт может находиться в двух различных очередях одновременно.

### **4. RELEASE (освободить) - освобождает устройство.**

Формат:

RELEASE A

где A — номер устройства (числовое или символьное имя освобождаемого устройства).

Устройство, указанное в поле A, освобождается и становится доступным для других транзактов. Освобождать устройство должен тот же траурокт, который его занимал.

### **5. SEIZE (занять) - занимает устройство.**

Формат:

SEIZE A

где A — номер устройства.

Транзакт пытается занять устройство, определенное полем A. Если оно уже занято, транзакт задерживается в предыдущем блоке.

### **6. TERMINATE (завершить) — удаляет транзакт.**

Формат:

TERMINATE A

где A — величина, вычитаемая из содержимого счетчика завершений (поле A управляющего оператора START)

Транзакт удаляется из модели и поступает в пассивный буфер. Если в поле А пробел, воздействия на счетчик завершений не происходит, в противном случае его значение уменьшается на величину, указанную в поле А.

7. START (начать) - начинает управление процессом моделирования.

Формат:

START A, B, C, D

где А - счетчик числа завершений,

В - подавление вывода на печать (B=Np),

С - промежуточный вывод статистики,

D — распечатка списков.

Поле А определяет счетчик завершений при прогоне модели. При входе транзакта в блок TERMINATE с ненулевым значением поля А содержимое поля А блока TERMINATE вычитается из остаточного значения счетчика - поля А оператора START. Прогон завершается, когда значение счетчика достигает нуля. Указатель N в поле В отменяет вывод стандартного отчета GPSS. Величина, указанная в поле С, определяет число завершений, по достижении которого выдается промежуточный отчет. Таким образом можно получать статистические данные в определенных интервалах моделирования. Если поле D содержит 1, полученный отчет будет содержать списки текущих и будущих событий, а также списки пользователя.

### Работа с моделирующей системой на ПК

Для того чтобы попасть в среду GPSS/PC необходимо запустить командный файл GPSSPC.EXE. На экране монитора появится заставка, а затем по окончании загрузки системы будет подан звуковой сигнал, информирующий о готовности системы к работе.

Ввод команд осуществляется через командную строку. Необходимо помнить, что строки модели обязательно нужно нумеровать. При вводе операторов используется внутреннее табулирование, т.е. поля метки, операндов, параметров и комментариев зафиксированы в программе, перемещение к ним осуществляется нажатием клавиши (ENTER). Корректировку текста модели можно осуществлять двумя способами:

- заново набрать всю строку целиком присвоив ей тот же номер,

- набрать команду EDIT пом где пом - это номер корректируемой строки. После этого необходимая строка появится на экране монитора, и в нее можно внести необходимые изменения.

Для удаления строки используется команда DELETE пом, где пом — номер удаляемой строки.

Для сохранения набранного текста необходимо использовать команду SAVE имя.GPS. Для загрузки в память компьютера ранее введенной программы следует набрать @имя.GPS. Чтобы удостовериться в том, что текст загрузился, следует использовать команду DIS.

Система моделирования GPSS/PC имеет 6 интерактивных графических окон, каждое из которых позволяет просмотреть в режиме диалога специфический тип объекта GPSS. Каждый тип окна обновляется в режиме on-line и показывает состояние выполняемой модели. Любое графическое окно открывается нажатием клавиш или с помощью команды WINDOW. В поле А операндов можно задать следующие типы окон BLOCKS (блоки), MATRICES (матрицы), FACILITIES (устройства), POSITIONS (позиции), STORAGES (памяти), TABLES(таблицы).

Аналогично любое окно можно открыть при одновременном нажатии клавиши (Alt) и первой буквы типа окна.

**Окно устройств** показывает графическое изображение устройств GPSS в выполняемой модели. Одновременно в окне может изображаться до 4 устройств. Окно устройств идентифицируется словом FACILITIES в середине верхней строки экрана.

Каждое устройство представлено ячейкой информации. Каждая ячейка содержит:

LABEL - имя или номер устройства,

UTILIZATION BAR - вертикальный прямоугольник изображающий коэффициент использования устройства с момента действия последнего оператора RESET,

QUEUE COUNT COLUMN - вертикальный столбец, изображающий число транзактов в списках устройства,

INFORMATION PEDESTAL - блок/который содержит следующую информацию:

UT - доля использования с момента действия последнего оператора RESET,

Q - число транзактов в списках задержки прерывания и ожидания,

AVAIL - индикатор доступности. Если поле высвечивается полностью, то устройство доступно

BUSY - индикатор занятости. Если поле высвечивается полностью, то устройство занято,

AVTIME — среднее время занятости транзактом устройства,

OWNER — номер транзакта, занимающего устройство.

Для обозначения степени занятости используют различные цвета. Обычно зеленый обозначает низкую частоту использования устройства (0...25%), белый (25...50%) и коричневый (50...75%) — среднюю частоту использования, красный (75...100%) – высокую.

Аналогично с изменением числа транзактов в очереди изменяется цвет столбца счетчика очереди. Обычно зеленый соответствует наибольшему заполнению очереди (0...9) транзактов, белый (10...19) и коричневый (20...99) - средней степени заполнения очереди, красный (100 и более) - длинной очереди. Красный цвет используется, как правило, с целью привлечения внимания к наиболее загруженным блокам модели.

Для продвижения окна устройств к другому набору устройств в выполняемой модели можно воспользоваться клавишами листания страниц.

**Окно памяти** показывает графическое изображение объектов GPSS типа памяти в выполняемой модели. Одновременно в одном окне может быть представлено до четырех типов памяти. Окно памяти идентифицируется словом STORAGES в середине верхней строки окна.

**Окно таблиц** позволяет просмотреть процесс накопления данных в гистограммах. Оно графически изображает объекты GPSS в виде таблицы. На экране может быть видна только одна таблица. Если таблица не умещается на экране, то можно передвигать окно к любым частям таблицы. Окно таблиц идентифицируется словом TABLES в середине верхней строки окна.

**Микроокна.** Дополнительно к основным окнам можно открыть четыре микроокна, используя команду MICROWINDOW. Микроокно - это окно, которое показывает текущее значение стандартного числового атрибута и необязательный заголовок. Они видны на правой стороне каждого графического окна и обновляются при моделировании. Используя микроокна, можно посмотреть в них состояние указанных переменных независимо от того, какое основное графическое окно открыто. Микроокна крайне удобны для проверки параметров модели и наблюдения за их изменением.

### Порядок выполнения работы

Варианты задания практической части контрольной работы на имитационное моделирование приведены в табл. 1. В текст программы вместо букв необходимо вставить конкретные значения параметров A, B, C, D.

Таблица 1 Варианты задания контрольной работы на имитационное моделирование

| Вариант | A  | B  | C | D |
|---------|----|----|---|---|
| 0       | 7  | 2  | 5 | 3 |
| 1       | 7  | 7  | 5 | 3 |
| 2       | 5  | 5  | 4 | 3 |
| 3       | 7  | 5  | 5 | 2 |
| 4       | 12 | 12 | 4 | 2 |
| 5       | 7  | 7  | 5 | 4 |
| 6       | 6  | 6  | 5 | 3 |
| 7       | 5  | 5  | 5 | 5 |
| 8       | 4  | 4  | 5 | 3 |
| 9       | 4  | 2  | 5 | 2 |

Текст исходной программы приведен на рис.2.

```
20    GENERATE A, B ; ПРИХОД СОСТАВА С РУДОЙ
30    QUEUE UNLOAD ; ВСТАТЬ В ОЧЕРЕДЬ НА РАЗГРУЗКУ
40    SEIZE UNLOAD ; ЗАНЯТЬ РАЗГРУЗКУ
50    DEPART UNLOAD ; ПОКИНУТЬ ОЧЕРЕДЬ НА РАЗГРУЗКУ
60    ADVANCE C,D ; ИДЕТ РАЗГРУЗКА СОСТАВА
70    RELEASE UNLOAD ; МЕСТО НА РАЗГРУЗКЕ ОСВОБОДИЛОСЬ
80    TERMINATE 1 ; РАЗГРУЖЕННЫЙ СОСТАВ УШЕЛ
```

Рис 2. Текст исходной программы практической части контрольной работы.

### Комментарий к тексту программы

20 Блок GENERATE генерирует транзакты, которые имитируют приход составов с рудой на обогатительную фабрику каждые  $(A \pm B)$  мин.

30 Блок QUEUE вместе с блоком DEPART в строке 50 собирает статистику о времени ожидания составов с рудой в очереди на разгрузку. Очередь носит имя UNLOAD.

40 Как только разгрузка становится доступной, в блок SEIZE входит один ожидающий транзакт. Это приводит к тому, что разгрузка становится занятой, тем самым предотвращается попадание большего числа транзактов в блок SEIZE.

50 Если транзакт вошел в блок SEIZE и занял устройство, имитирующее разгрузку, то он входит и в блок DEPART для того, чтобы собрать статистику о времени ожидания в очереди UNLOAD. Время ожидания и очереди не включает в себя времени разгрузки.

60 Блок ADVANCE задерживает транзакт на имитационное время, в течение которого разгружается один состав. Для разгрузки состава требуется  $(C \pm D)$  мин.

70 Блок RELEASE освобождает устройство, имитирующее разгрузку, при этом новый транзакт может завладеть ей при входе в блок SEIZE.

80 Блок TERMINATE удаляет транзакт из модели после того, как состав был разгружен.

### Этапы выполнения работы

1. Ознакомьтесь с методическими указаниями по выполнению имитационного моделирования.
2. Определите вариант задания по последней цифре зачетной книжки.
3. Загрузите ППП GPSS/PC.
4. Для проведения моделирования необходимо на брать текст программы, приведенный выше. В строке печатается номер, операнд и его параметры.

Например,

50 [SPACE] [SPACE] DEPART [SPACE] UNLOAD [ENTER]. Табуляция при вводе осуществляется с помощью клавиши пробела [SPACE]. Переход к новой строке осуществляется нажатием клавиши [ENTER].

5. По окончании ввода необходимо сохранить текст SAVE (имя файла).GPS.

6. Если вы хотите просмотреть текст введенной программы, используйте команду DIS.

7. Для начала моделирования необходимо набрать START 300 [ENTER].

Процесс моделирования прекращается, когда 300 транзактов пройдут через блок TERMINATE, что соответствует 300 составам с рудой, разгруженным на фабрике.

8. Система GPSS/PC позволяет упростить сбор данных, автоматически регистрируя свыше 50 переменных, которые описывают состояние объектов OPSS

Откройте *окно графики*, нажав одновременно клавиши [Alt+F].

*Окно устройств* позволяет посмотреть занятость разгрузки.

9. Теперь повторно выполните моделирование, наблюдая за поведением модели через окна графики.

Наберите команду

MI [SPACE] 1, QM\$UNLOAD ; MAX Q[ENTER].

Это позволит увидеть максимальную длину очереди составов с рудой, ожидающих разгрузки.

Для просмотра текущего числа клиентов, составов, ожидающих разгрузки, наберите команду MI [SPACE] 2, Q\$UNLOAD ;CURRENT [ENTER].

Для просмотра среднего времени ожидания составов в очереди разгрузки наберите команду MI [SPACE] 3, QT\$UNLOAD ;AVE TIME [ENTER].

10. Приведите систему в исходное состояние, набрав команды CLEAR [ENTER] и START 300 [ENTER].

11. На экране можно увидеть процесс моделирования до момента, пока 300 составов с рудой не были разгружены. Понаблюдайте за устройством GPSS, которое имитирует разгрузку. Для просмотра количества разгружаемых составов, степени занятости разгрузки нажмите [Alt+F].

12. Распечатайте содержание экрана [Alt+PrtSc].

13. Посмотрите, что произойдет, если составы будут разгружаться 7 мин. вместо С мин. Для этого введите команду EDIT 60. При этом в командной строке появится выражение 60 ADVANCE C,D. Воспользуйтесь режимом EDIT, чтобы изменить операнд со значения С на 7.

14. Прежде чем продолжить моделирование, убедитесь, что изменение проведено. Наберите команду DIS [ENTER] и убедитесь в модификации команды ADVANCE.

15. Вновь введите команды CLEAR и START 300. Дождитесь конца моделирования. Для просмотра количества разгруженных составов с рудой нажмите [Alt+F].

16. Распечатайте содержание экрана [Alt+PrtSc]. Заметьте, что максимальная длина очереди значительно больше, чем в предыдущем процессе моделирования. Также больше и среднее время ожидания в очереди. Следовательно, разгрузка, работающая в режиме с низкой пропускной способностью, может оказаться неприемлемой, даже если в среднем она может обслужить все приходящие составы.

17. Выход из системы GPSS/PC осуществляется с помощью команды END [ENTER]. Для подтверждения выхода необходимо нажать клавишу [SPACE].

### **Отчет о выполненной работе должен содержать:**

1. Формулировку и исходные данные по заданному варианту работы.
2. Краткое описание используемых программных средств.
3. Текст (листинг) программы.
4. Распечатки экранов (2 шт.).
5. Обсуждение полученных результатов моделирования.

## **2. Планы практических занятий**

### **Занятие 1. Информационные ресурсы и информационные технологии хранения данных**

#### **План:**

1. Методический подход к разработке баз технологических данных с использованием реляционных СУБД.
2. Запросы и актуализация баз данных с использованием языка SQL.
3. Геоинформационные базы данных, особенности запросов к ним.
4. Геоинформационные системы, особенности запросов к ним.
5. Определение пространственно-геометрического положения объектов в ГИС.
6. Опрос на понимание терминов.

*Литература:* [2,6]

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Модели представления данных.
2. Области применения распределенных баз данных.
3. Области применения ГИС.

*Задания для самостоятельной работы:*

Создать запрос о вариантах реагентной подготовки, обеспечивающих максимальное извлечение меди в пенный продукт при флотации.

Создать запрос на определение пространственно-геометрического положения объектов в ГИС.

## **Занятие 2. Технологии и методы обработки производственных данных**

**План:**

1. Методика решения технологических задач в обогащении руд с использованием электронных таблиц.
2. Методика решения задач проектирования в обогащении руд с использованием автоматизированных систем обработки данных.
3. Опрос на понимание терминов.

*Литература:* [1,7]

*Вопросы для самоконтроля*

1. Инструменты электронных таблиц для поиска решения.
2. Расчетные возможности систем автоматизированного проектирования.

*Задания для самостоятельной работы:*

Решение десяти расчетных задач с использованием электронных таблиц.

## **Занятие 3. Интеллектуальные информационные технологии и системы обработки производственной информации.**

**План:**

1. Методические подходы к обработке данных с применением искусственных нейронных сетей.
2. Работа с аналитической платформой Deductor.
3. Обучение производственным данным и представлению результатов обучения ИНС прямого распространения.
4. Настройка самообучающейся искусственной нейронной сети производственным данным и представлению результатов.
5. Опрос на понимание терминов.

*Литература:* [7]

*Вопросы для самоконтроля*

1. Способы (парадигмы) обучения искусственных нейронных сетей.
2. Виды искусственных нейронных сетей.

*Задания для самостоятельной работы:*

Разработать модель «ЧТО..., ЕСЛИ...» для прогнозирования результатов флотационного обогащения медной руды по экспериментальным данным.

## **Занятие 4. Построение имитационных моделей сложных систем в обогащении полезных ископаемых**

**План:**

1. Методический подход к разработке имитационных моделей технологических процессов.
2. Работа с системой имитационного моделирования.
3. Методический подход к обработке и представлению результатов имитационного моделирования.

4. Опрос на понимание терминов.

*Литература:* [4, 5,8]

*Вопросы для самоконтроля*

5. Способы описания имитационных моделей.

6. Виды систем имитационного моделирования.

*Задания для самостоятельной работы:*

Разработать модель разгрузки составов на фабрике дробления, выполнить имитационный эксперимент, обработать и представить результаты.