

**ВОПРОСЫ ОБУЧЕНИЯ ИМИТАЦИОННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ
СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ****Е.А. Бабкин, Е.В. Копица, В.В. Разиньков (Курск)**

Улучшение качества подготовки специалистов в области имитационного моделирования требует разработки специальных учебных программных средств и методического обеспечения дисциплины «Имитационное моделирование». С этой целью были разработаны программное средство имитационного моделирования сетевых графиков выполнения проектов NetSimPM [1] и соответствующая методика обучения.

Применение созданного программного средства обеспечивает решение задач анализа и оптимизации сетевых моделей планирования и управления как с ограничениями на объемы используемых ресурсов, так и без них. В отличие от расчетов с использованием детерминированных аналитических моделей и моделей ПЕРТ имитационное моделирование позволяет наглядно представить и изучить такие свойства моделей, как стохастичность, изменение законов распределения времени выполнения проекта относительно законов распределения времен выполнения составляющих работ, смещение среднего времени выполнения работ по сравнению с детерминированной моделью [2], зависимость времени выполнения проекта от объема доступного ресурса.

Программное средство NetSimPM позволяет:

- в графическом, интерактивном режиме вводить граф сетевой модели и определять требуемые для проекта ресурсы;
- задавать параметры дуг (работ) графа: время выполнения, объем ресурсов, необходимый для выполнения работы;
- задавать различные законы распределения случайных величин: нормальный, треугольный, экспоненциальный, равномерный;
- устанавливать ограничения на используемые ресурсы как в рамках отдельной работы, так и для всего проекта;
- выполнять в рамках одного имитационного эксперимента ряд прогонов с заданным шагом изменения факторов и фиксировать минимальные, средние и максимальные значения потребляемого ресурса и времени выполнения проекта;
- приостанавливать и продолжать прерванный процесс моделирования;
- выводить результаты моделирования в графическом и табличном видах на экран и сохранять их в файле;
- отслеживать действия пользователя и предупреждать о совершенных ошибках, предотвращать запуск моделирования с неверными данными.

Программа состоит из двух программных модулей (компонентов): модуля построения графа сетевой модели, предоставляющего графический интерфейс (рис. 1) для интерактивного ввода модели; и модуля проведения имитационных экспериментов над разработанной сетевой моделью, который представляет собой ядро моделирования.

Главное окно программы разделено на три основные области: ввода элементов сетевого графика, ввода и изменения параметров элементов сетевого графика и вывода сообщений о выявленных ошибках.

Обмен данными между модулями среды NetSimPM происходит в открытом для пользователя формате XML, который позволяет редактировать разработанные модели за рамками программного средства. Результаты моделирования представляются по каждому прогону программной модели в табличном и графическом виде.

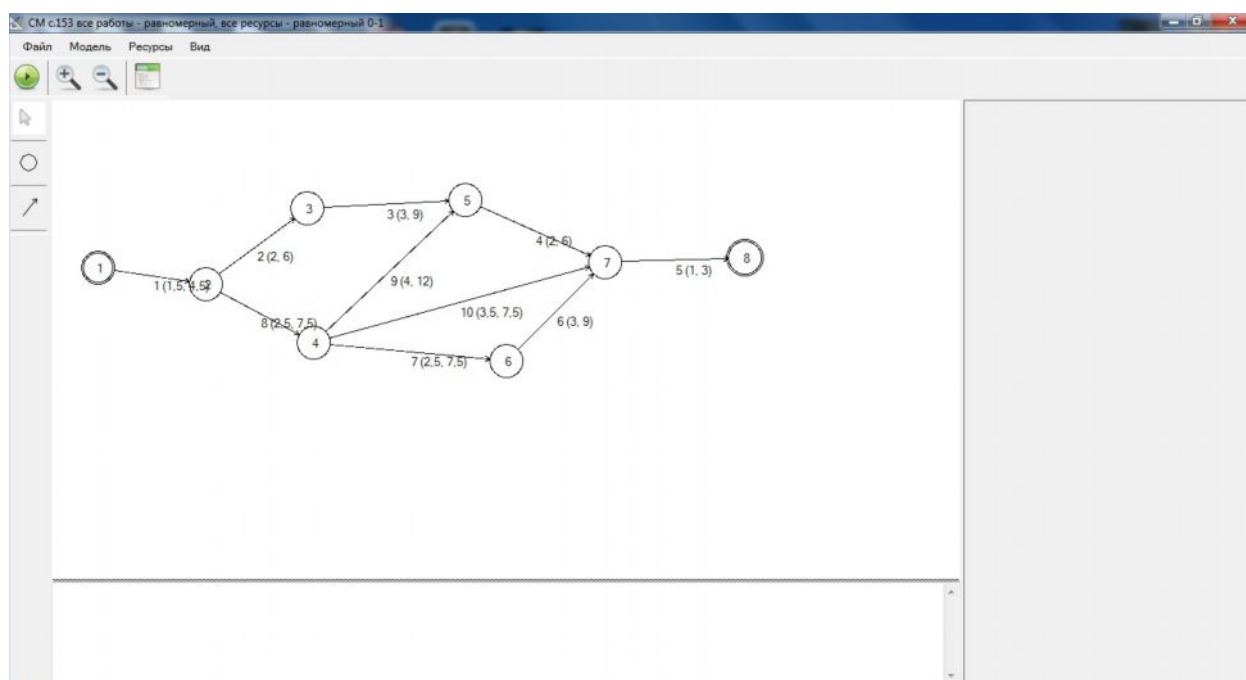


Рис. 1. Интерфейс ввода сетевого графика программного средства NetSimPM

Имитационное моделирование сетевого графика проводится в следующем порядке. Обучаемый вводит сетевой график, определяет настройки параметров элементов сетевого графика, задает параметры имитационного эксперимента (минимальный и максимальный объем доступного ресурса, шаг его изменения) и выполняет запуск модели. Имитационный эксперимент в среде NetSimPM состоит из множества прогонов, уровни факторов которых формируются автоматически на основе задания. После завершения имитационного эксперимента пользователю предоставляется информация о времени и о потребляемых ресурсах (доступны минимальные, средние и максимальные значения), необходимых для выполнения проекта, в табличном и графическом виде. Полученные табличные и графические данные обучаемый обрабатывает в соответствии с заданием на моделирование.

Методика обучения имитационному моделированию сетевых графиков базируется на решении следующих задач оптимизации сетевых графиков:

- минимизация времени выполнения комплекса работ при заданных объемах ресурсов;
- минимизация объемов ресурсов при заданном времени выполнения комплекса работ;
- поиск области решений при задании ограничений на время выполнения проекта и объем требуемого ресурса.

При решении общей задачи определения среднего времени проекта \bar{T} при ограничении на текущий доступный объем ресурса V_d , в случае если для выполнения каждой отдельной работы проекта требуется некоторый объем единственного в модели ресурса, программа NetSimPM в результате ряда прогонов, составляющий имитационный эксперимент, выдает графики зависимостей среднего времени выполнения проекта \bar{T} и среднего объема потребляемого ресурса \bar{V} от выделяемого объема ресурса соответственно (рис. 2 и рис. 3). Характер графиков зависимостей для сетевых графов различной конфигурации аналогичен. Произведение среднего времени выполнения проекта \bar{T} и среднего объема потребляемого ресурса \bar{V} является величиной постоянной, то есть $\bar{V} \times \bar{T} = const$, и не

зависит от вида сетевого графа и законов распределения как требуемых объемов ресурсов, так и времени выполнения работ. Вид зависимости на графиках зависит от величины рассеяния случайных величин.

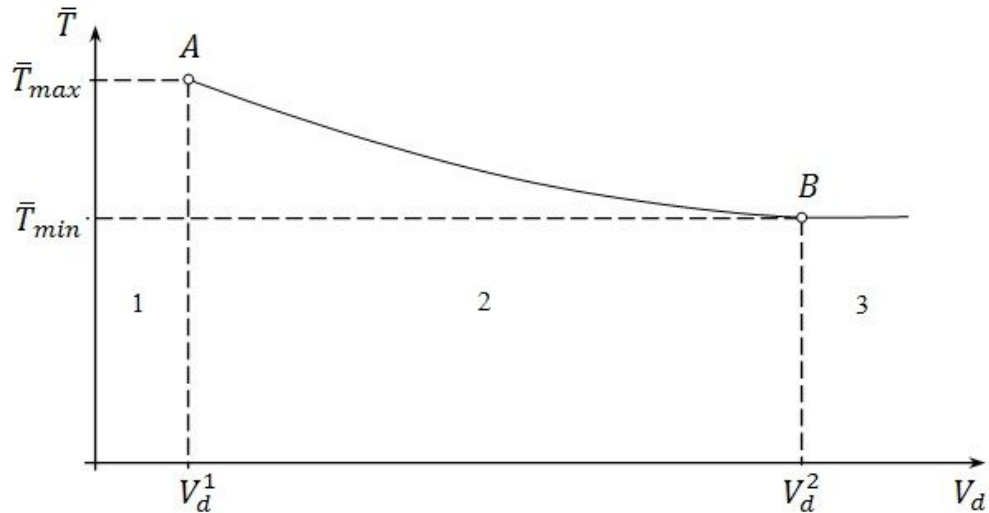


Рис. 2. График зависимости среднего времени выполнения проекта \bar{T} от выделяемого объема ресурса V_d

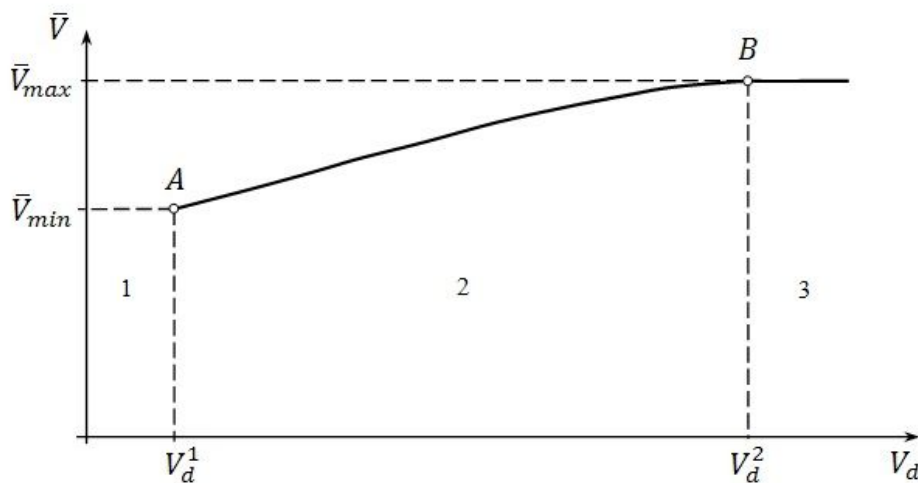


Рис. 3. График зависимости среднего объема потребляемого ресурса \bar{V} от выделяемого объема ресурса V_d

Если переменная V является детерминированной, то при объеме выделяемого ресурса $V_d = V_d^1 = \max_{i \in \{1, 2, \dots, N\}} (v_i)$ (точка A) все работы i ($i = \overline{1, N}$) проекта выполняются последовательно, так как объема ресурса не будет хватать для нескольких работ одновременно. Здесь V_1, V_2, \dots, V_N – требуемый для выполнения работ объем ресурса. В области 1 находятся невыполняемые проекты в связи с нехваткой полного объема ресурса для выполнения

некоторой работы в составе проекта. При объеме $V_d \geq V_d^2 = \sum_{i=1}^K V_i$ (точка B и область 3) все параллельные работы i ($i = \overline{1, K}$) проекта выполняются одновременно, так как в дан-

ной ситуации для любой работы и в любое время требуемый для нее объем ресурса будет предоставлен. В области 2 ($V_d^1 \leq V_d < V_d^2$) работы проекта выполняются параллельно-последовательно.

При ограниченном интервале рассеяния случайной величины V в области 1 ($V_d < V_d^1$) возможны проекты, для которых недостаточно выделяемого ресурса. То есть в этой области могут быть как выполняемые, так и невыполняемые проекты.

Одним из вариантов формулировки задачи оптимизации является задание ограничений на среднее время выполнения проекта $\bar{T}_{гр.}$ и средний объем требуемого ресурса $\bar{V}_{гр.}$. На рисунке 4 показано нахождение области решений для выделяемого ресурса V_d .

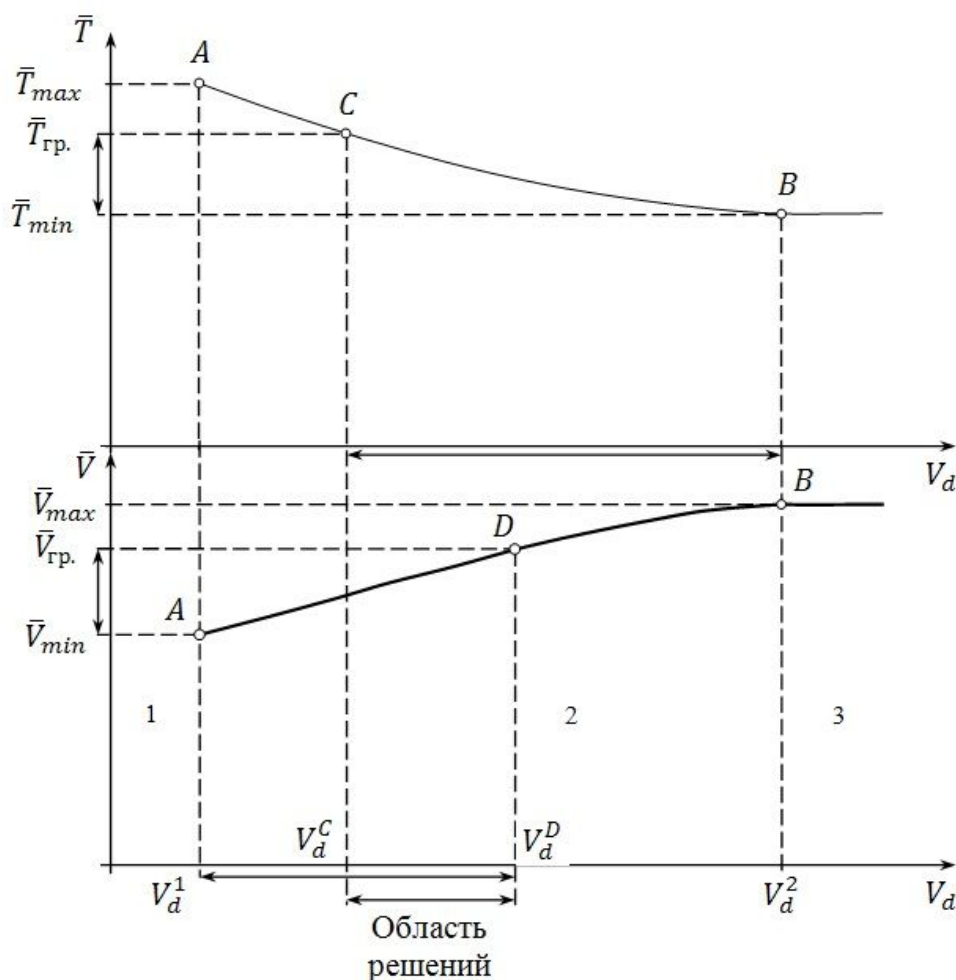


Рис. 4. Определение области решений при заданных величинах $\bar{T}_{гр.}$ и $\bar{V}_{гр.}$.

Границы области решений определяются точками C и D . Конкретное решение в области решений может быть определено в зависимости от приоритетности основных и дополнительных показателей эффективности (\bar{T} , \bar{V} , коэффициентов использования ресурсов и др.). В случае множества ресурсов, необходимых для выполнения проекта граница области решений V_d^D определяется по множеству графиков зависимости \bar{V} от V_d .

Эффективность использования созданного программного продукта NetSimPM и разработанной методики решения задач подтверждена при обучении студентов в Курском

государственном университете. Использование созданного программного продукта позволяет повысить качество обучения в рамках раздела «Имитационное моделирование» и смежных с ним дисциплин и разделов.

Литература

1. **Бабкин Е.А., Разиньков В.В., Копица Е.В.** Инструментальное средство имитационного моделирования стохастических сетевых моделей планирования и управления // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. – № 2013611572. – М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, 2013.
2. **Бабкин Е.А., Пикалов И.Ю.** Имитационное моделирование сетевых моделей. Человек в системе современных финансово-экономических отношений. Ежегодные научные чтения, посвященные памяти А.Н.Пилецкого / Курский институт государственной и муниципальной службы; под общей ред. В.М.Ермакова. – Курск: Изд-во КИГМС, 2005. – С.5– 11.