

Эксперименты [8] показывают, что вторичные микрокапли, сорванные с поверхности крупных капель, достаточно мелкие и обтекают крупные капли, следуя линиям тока газа. Поэтому непосредственным столкновением между вторичными микрокаплями и исходными крупными каплями можно пренебречь.

Кроме того, скорость уменьшения диаметра капли за счет «обдирки» намного больше скорости распространения температурной волны внутри капли. Поэтому при наличии дробления температура капли остается практически постоянной, так как температура волны не успевает проникнуть за пределы слоя «обдираемой» жидкости.

С учетом изложенного рассмотрим следующую задачу. Пусть в бесконечном пространстве, заполненном ПГС (область IV), распространяется ударная волна со скоростью $v_{ув}$ и $v_{ув} > a_r, a_p$ (a_r, a_p – замороженная и равновесная скорости звука в смеси перед волной). Тогда ударная волна имеет впереди себя скачок уплотнения в газе, на котором параметры газа удовлетворяют соотношениям Ренкина – Гюгонио (влиянием капель на параметры газа непосредственно за скачком можно пренебречь [9, 10]), а параметры капель практически не меняются. Таким образом, на скачке имеем следующие граничные условия:

$$\frac{\rho_{r1}}{\rho_{r0}} = \frac{(\kappa+1)M}{2+(\kappa-1)M}; \quad \frac{v_{r1}}{a_{r0}} = \frac{2}{\kappa+1} \left(\frac{\kappa-1}{2} M + \frac{1}{M} \right);$$

$$\Delta p = \frac{p_1}{p_0} = \frac{\kappa-1}{\kappa+1} \left(\frac{2\kappa M^2}{\kappa-1} - 1 \right);$$

$$\rho_{ж1} = \rho_{ж0}; \quad v_{ж1} = v_{ж0};$$

Получено 21.07.2015

$$T_{ж1} = T_{ж0}; \quad M = \frac{v_{r0}}{a_0}.$$

Индексы 0 и 1 относятся к параметрам перед скачком и за скачком; параметры $\rho_{r1}, \rho_{r0}, \rho_{ж1}, v_{r1}, v_{ж1}, T_{ж1}$ определяют граничные условия в точке $x = x_1$, соответствующей положению скачка уплотнения, и позволяют рассчитать структуру зоны релаксации в области $x > x_1$.

Библиографические ссылки

1. Павлов А. Н. Анализ ударно-волновых процессов в газожидкостных средах // Аэрокосмическая техника и высокие технологии – 2004 : Тез. докл. Всерос. науч.-техн. конф. / Пермский государственный технический университет. – Пермь, 2004.
2. Рэнджер А. А., Николс Дж. А. Дробление капель жидкости в конвективном газовом потоке // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 1972. – Vol. 15. – No. 6. – Pp. 1203–1211.
3. Там же.
4. Там же.
5. Аманбаев Т. Р., Ивандаев А. И. Структура ударных волн в двухфазных смесях газа с каплями жидкости // ПМТФ. – 1998. – № 2.
6. Ивандаев А. И., Кутушев А. Г., Нигматулин Р. И. Газовая динамика многофазных сред // Итоги науки и техники. Серия «МЖГ». – М.: ВИНТИ, 1981. – Т. 16.
7. Dickerson R., Coultas T. Breakup of droplets in an accelerating gas flow. – N.Y., 1966. – (Paper/AIAA; No. 611).
8. Рэнджер А. А., Николс Дж. А. Указ. соч.
9. Там же.
10. Ивандаев А. И., Кутушев А. Г., Нигматулин Р. И. Указ. соч.

УДК 681.332

А. Н. Гладков, кандидат технических наук, Пермский военный институт внутренних войск МВД России
 А. Н. Павлов, кандидат технических наук, доцент, Пермский военный институт внутренних войск МВД России
 В. В. Михалев, Пермский военный институт внутренних войск МВД России

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ОПТИКО-ВОЛОКОННОЙ ПЕРВИЧНОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Введение

Во внутренних войсках МВД России в настоящее время получили широкое распространение автоматизированные системы управления и обработки информации, позволяющие эффективно управлять войсковыми соединениями и частями. Немаловажная роль в таких АСУ отводится первичным сетям, использующим современные оптоволоконные линии связи.

Оптоволоконная сеть состоит из трех основных компонентов: источника света, носителя, по которому распространяется световой сигнал, и приемника

сигнала (детектора). Световой импульс принимают за единицу, а отсутствие импульса – за ноль. Свет распространяется в сверхтонком стеклянном волокне. При попадании на него света детектор генерирует электрический импульс. Присоединив к одному концу оптического волокна источник света, а к другому – детектор, получим однонаправленную систему передачи данных. Система принимает электрические сигналы и преобразует их в световые импульсы, передающиеся по волокну. На другой стороне происходит обратное преобразование в электрические сигналы.

Процесс коммуникации (рис. 1) представляет собой взаимосвязь следующих компонентов:

- источник информации;
- передатчик для преобразования информации в сигналы данных, совместимые с каналом связи;

- канал связи;
- приемник для преобразования сигналов данных обратно в форму, которую может понять получатель;
- получатель информации.



Рис. 1. Процесс коммуникации в оптоволоконных сетях

Любая система передачи данных обладает рядом характеристик. Наиболее значимыми для любой сложной системы передачи данных являются: пропускная способность, помехоустойчивость, надежность [1]. Волоконно-оптические системы связи имеют характерные отличительные особенности.

На оптоволоконные кабели совершенно не воздействуют электромагнитные помехи (ЕМИ), радиочастотные помехи (RFI), молнии и скачки высокого напряжения. Они не имеют проблем емкостных или индуктивных сопряжений. В дополнение к этому факту оптоволоконные кабели не создают никаких электромагнитных или радиочастотных помех. Это свойство очень ценно для производства вычислений, обработки видео- и аудиоинформации, где все более важным для возросшего качества воспроизведения и записи становится окружение с низким шумом [2].

Одной из основных характеристик любой вычислительной сети является ее пропускная способность, которую необходимо определять уже на первых этапах проектирования.

Для определения пропускной способности волоконно-оптической системы связи существует несколько способов, из которых можно выделить наиболее часто используемые: аналитический метод, базирующийся на теории систем массового обслуживания (СМО) и теории вероятностей, и метод имитационного моделирования, применяющийся в совокупности с современными программными продуктами, использующими необходимый математический аппарат.

Математическая модель

Наиболее подробно методика определения характеристик ВОЛС аналитическим методом изложена в монографии известного российского ученого В. М. Вишневого. Используя материалы его монографии [3], можно предложить следующую математическую модель для определения пропускной способности ВОЛС:

$$T_i(N) = \tau_i + (\tau_i / A_i) [B_i(N-1) + u_i(N-1)]; \quad (1)$$

$$\frac{\partial \lambda_i(N)}{\partial \mu_i} = \frac{1}{\mu_i} \lambda_i(N) [L_i(N) - L_i(N-1)]; \quad (2)$$

$$\frac{\partial \lambda_i(N)}{\partial x_i} = \frac{1}{x_i} \lambda_i(N) [L_i(N) - L_i(N-1)], \quad (3)$$

где $\lambda_i(N)$ – пропускная способность из i -го центра обслуживания запросов; μ_i – мгновенная интенсивность случайного потока; $x_i = e_i / \mu_i$ – относительный коэффициент использования i -го центра обслуживания запросов; A_i – входящий поток запросов; $B_i(N-1)$ – среднее число сообщений в очереди i -го центра; τ_i – длительность обслуживания вновь поступившего сообщения; $L_i(N)$ – среднее число сообщений в i -м центре; $u_i(N)$ – текущее количество занятых каналов; $T_i(N)$ – среднее время пребывания сообщений в i -м центре.

Как видно из предложенной математической модели, в ее состав входят нелинейные уравнения в частных производных. Для решения такой системы уравнений необходимо разработать программу, и при использовании современных вычислительных средств на ее решение скорей всего понадобится большое количество машинного времени, так как необходимо провести целую серию вычислительных экспериментов.

Для использования второго метода – имитационного моделирования – понадобится наличие современного программного продукта, который позволял бы применить проведение численных экспериментов, базирующихся на теории СМО, планирования экспериментов и теории вероятностей.

Данный метод исследования сложных систем, в том числе и систем массового обслуживания (СМО), представляет собой модель, которая имитирует работу реальной системы. Поэтому во многих случаях имитационное моделирование становится наиболее эффективным, а часто и практически единственным доступным методом исследования систем. Основное преимущество имитационного моделирования перед другими видами моделирования состоит в универсальности.

Выбор инструментальных средств

При исследовании систем со стохастическим характером функционирования результаты, полученные при единичном «прогоне» имитационной модели, носят частный характер. Следовательно, чтобы найти одну оценку (одно значение) какой-либо характеристики функционирования системы, необходимо многократно «прогонять» имитационную мо-

дель (необходимо получить множество результатов) с последующей статистической обработкой полученных данных. Поэтому в имитационной модели должны быть предусмотрены программные средства сбора и средства последующей статистической обработки данных, полученных в ходе моделирования по интересующим характеристикам системы [4].

В качестве такого современного программного продукта можно предложить программу Simulink пакета MATLAB.

Simulink – интегрированный с MATLAB интерактивный инструмент для моделирования, имитации и анализа динамических систем. Он дает возможность строить графические блоки-диаграммы, имитировать динамические системы, исследовать работоспособность систем, отлаживать и совершенствовать их. Simulink это платформа для проектирования и имитации работы динамических систем в различных отраслях [5].

Разработка имитационной модели

Для проведения численных экспериментов была разработана имитационная модель в программе Simulink пакета MATLAB [6], представленная на рис. 2.

Анализ полученных результатов

С использованием представленной модели были проведены численные эксперименты. Результаты численных экспериментов позволили определить аналитические и графические зависимости для определения пропускной способности ВОЛС (рис. 3, 4, 5).

Заключение

Таким образом, средства имитационного моделирования можно использовать для проведения численных экспериментов с целью определения пропускной способности первичных волоконно-оптических линий связи как на этапе предварительных проектных оценок, так и при их эксплуатации.

При этом, как показывает практика, погрешность такой оценки находится в пределах 5...10 %.

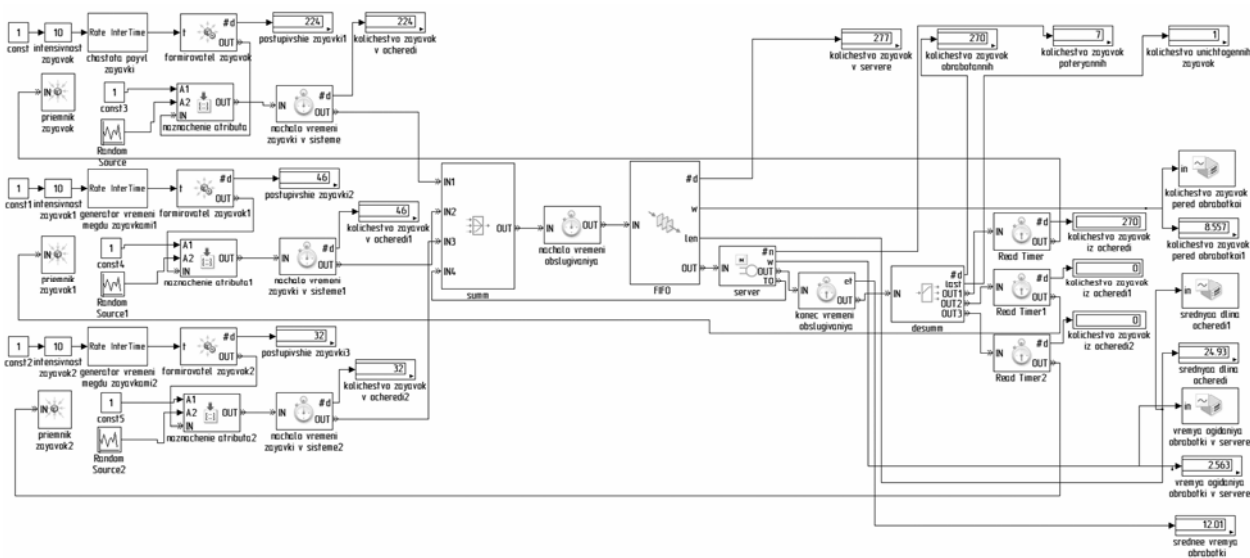


Рис. 2. Имитационная модель сегмента первичной ВОЛС

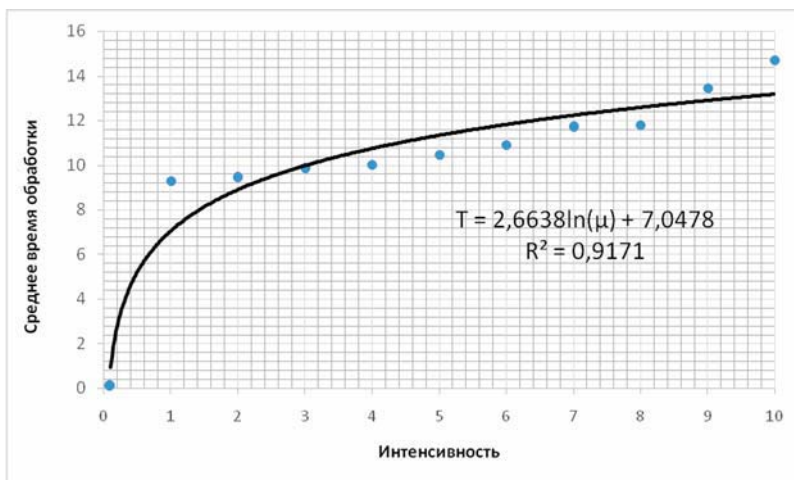


Рис. 3. Зависимость T(μ)

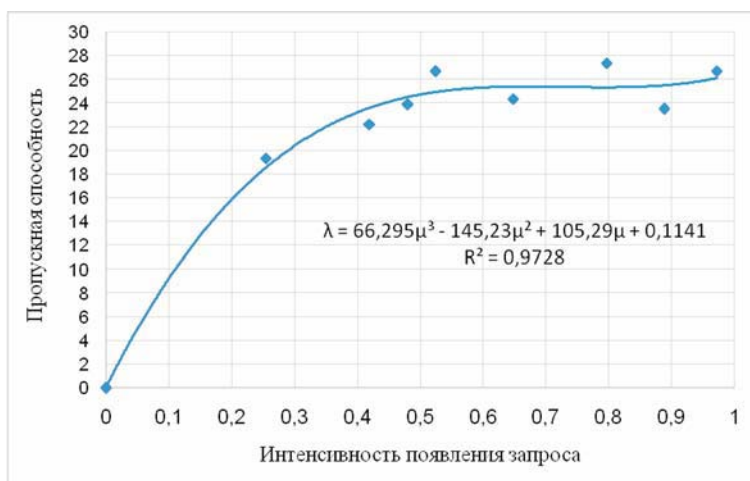
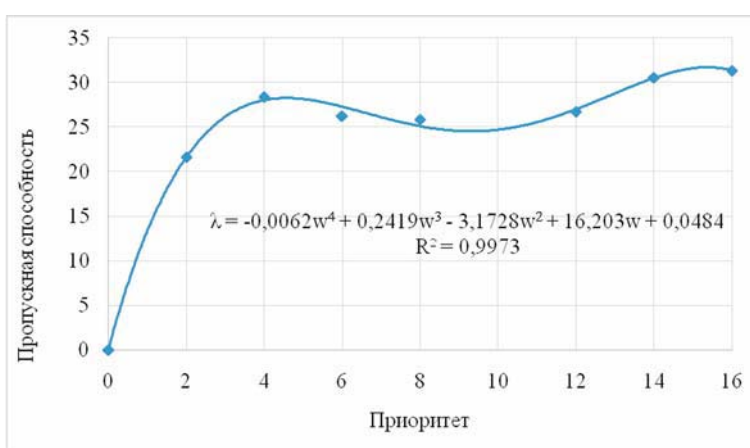
Рис. 4. Зависимость $\lambda(\mu)$ 

Рис. 5. Зависимость пропускной способности от приоритета запроса

Библиографические ссылки

1. Мелехин В. Ф., Павловский Е. Г. Вычислительные машины, системы и сети. – М. : Академия, 2006. – 384 с.
2. Денисов А. Н., Лайко К. А. Направляющие системы электросвязи. – Ч. 1. Проектирование волоконно-оптических линий связи : учеб. пособие. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2006. – 75 с.

3. Вишневецкий В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. – М. : Техносфера, 2003. – С. 117–121.
4. Венцель Е. С., Овчаров Л. А. Прикладные задачи теории вероятностей. – М. : Радио и связь, 1983. – 416 с.
5. Морозов В. К. Моделирование информационных и динамических систем. – М. : Академия, 2011. – 384 с.
6. Васильев А. Н. МАТЛАБ. Самоучитель. Практический подход. – СПб. : Наука и техника, 2012. – 448 с.

Получено 21.07.2015

УДК 621.833.6

А. В. Овсянников, кандидат технических наук, Глазовский инженерно-экономический институт (филиал) ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

ОСОБЕННОСТИ КИНЕМАТИКИ ПЛАНЕТАРНОЙ ПЕРЕДАЧИ С ОДНОРОЛИКОВЫМ МЕХАНИЗМОМ СНЯТИЯ ДВИЖЕНИЯ С САТЕЛЛИТА

Зубчатые планетарные передачи позволяют реализовать большое передаточное отношение в одной ступени, обладают высокой несущей способностью, хорошими массогабаритными показателями,

сравнительно высоким КПД, благодаря чему нашли широкое применение в технике. Наибольший интерес представляет планетарная передача с внутренним зацеплением колес и малой разницей в чис-