## 2.2. Анализ влияния характеристик входящего трафика на качество функционирования телекоммуникационных систем

В качестве моделей ТКС целесообразно использовать модели массового обслуживания: системы (СМО) и сети (СеМО) массового обслуживания [42]. При этом часто предполагается, что потоки, поступающие в систему, являются простейшими [4]. В случае произвольных потоков расчет средних значений характеристик обслуживания обычно проводится на основе аппроксимации закона распределения интервалов времени между пакетами в потоке с учетом первых двух моментов. Такой подход особенно широко используется при разработке приближенных методов расчета неэкспоненциальных СеМО [21]. Однако, как показывают исследования, если для расчета характеристик функционирования системы на уровне средних значений, в частности, среднего времени ожидания, достаточно задать только два момента длительности обслуживания, то при описании интервалов времени между пакетами в потоке этого оказывается недостаточно. Другими словами, на средние значения характеристик обслуживания оказывают существенное влияние моменты более высокого порядка.

В настоящем параграфе приводятся результаты исследований влияния третьего момента интервалов времени между пакетами во входном непуассоновском потоке на среднее время ожидания в одноканальных моделях следующих классов:

* с однородным потоком и экспоненциальной длительностью обслуживания в приборе;
* с однородным потоком и длительностью обслуживания, распределенной по произвольному закону;
* с неоднородным потоком.

Рассмотрим одноканальную СМО с однородным потоком пакетов, интервалы времени между которыми распределены по произвольному закону с плотностью *a() = A’(*, где *A(* - функция распределения интервалов. Пусть длительность обслуживания распределена по экспоненциальному закону. Тогда [49] функция распределения времени ожидания определяется как



а среднее время ожидания



где ** - интенсивность обслуживания заявок, а  - единственный в области  корень уравнения  Здесь *A\*(s)* – преобразование Лапласа плотности распределения *a()*: .

В качестве законов распределения *a()* интервалов времени между пакетами в потоке были выбраны:

* равномерный и Эрланга для потоков с коэффициентами вариации интервалов времени между пакетами *νa*<1;
* различные формы представления гиперэкспоненциального закона для потоков с *νa*>1, различающиеся значениями третьих моментов.

Для описания третьего момента интервалов времени между пакетами в потоке использовался коэффициент асимметрии  где  – центральный момент *l*-го порядка (*l* = 2, 3, …):  Здесь *1/λ* - средний интервал времени между заявками.

Для одного и того же коэффициента вариации *νa* в широких пределах изменялся коэффициент асимметрии *γ*, характеризующий третий момент интервалов времени между пакетами в потоке. В таблице 2.2.1 приведены рассчитанные значения средних времен ожидания пакетов при различных коэффициентах вариации и асимметрии в области загрузки системы *ρ* от 0,1 до 0,99.

Таблица 2.2.1

Среднее время ожидания пакетов [с]

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *νa* | *γ* | *ρ* | | | | |
| 0,1 | 0,3 | 0,5 | 0,7 | 0,99 |
| 0,58 | 0 | 0,056 | 0,224 | 0,564 | 1,42 | 66,1 |
| 300 | 0,013 | 0,152 | 0,494 | 1,36 | 65,8 |
| 2,0 | -1,5 | 1,80 | 2,60 | 4,00 | 7,30 | 249 |
| 110 | 0,113 | 0,438 | 1,03 | 2,46 | 199 |
| 5,0 | -0,5 | 13,4 | 17,6 | 25,0 | 42,3 | 1299 |
| 50 | 0,131 | 0,535 | 1,38 | 4,22 | 1219 |

Анализ полученных результатов свидетельствует о существенном влиянии третьего момента интервалов времени между пакетами в потоке на среднее время ожидания пакетов, причем с увеличением коэффициента асимметрии среднее время ожидания пакетов уменьшается. Эта зависимость особенно сильно проявляется при малых загрузках системы и уменьшается с ее увеличением. Так при значениях загрузки *ρ* = 0,1 времена ожидания при разных *γ* различаются в несколько раз, а при *ρ* = 0,99 эта разница составляет несколько процентов. В области значений загрузки от 0,3 до 0,7, наиболее характерной для ТКС, эта разница достаточно значительна и составляет десятки и сотни процентов, причем растет с увеличением коэффициента вариации *νa* интервалов времени между пакетами в потоке.

Для неоднородного трафика с произвольно распределенной длительностью обслуживания пакетов исследования проводились на имитационных моделях. Полученные при этом результаты имеют характер аналогичный результатам, полученным на аналитических моделях для однородного трафика.

Таким образом, выполненные исследования позволили выявить существенное влияние третьего момента интервалов времени между поступающими в ТКС пакетами на качество ее функционирования, которое необходимо учитывать особенно в тех случаях, когда система работает в области малых и средних загрузок или характеризуется большими значениями коэффициента вариации интервалов времени между пакетами, поступающими в систему. Полученные результаты рекомендуется использовать при администрировании телекоммуникационной сети для повышения качества обслуживания.