

Наполнение вагона метрополитена в эксплуатации и провозная способность линий.

Наполнение вагона метрополитена в эксплуатации зависит главным образом от трех факторов:

- степени загруженности конкретной линии, на которой работает вагон;
- длины этой линии и ее конфигурации;
- суточного колебания пассажиропотока.

Степень загруженности линии определяется ее местоположением в городе. Длина линии и ее конфигурация / радиальная, кольцевая / определяют периодичность и характер нагрузки вагона: на конечных станциях радиальной линии нагрузка вагона минимальна, во время оборота состава она становится равной нулю, а в центральной части линии и на прилегающих к ней перегонах достигает максимума.

Суточные колебания пассажиропотока имеют два ярко выраженных максимума в утренние и вечерние часы "пик". На рис.1 представлена диаграмма заполнения самого нагруженного вагона семивагонного состава, снятая экспериментально при его работе на наиболее загруженной радиальной линии Московского метрополитена. Максимальные наполнения этого конкретного вагона имели место в утренние и вечерние часы "пик" / 270 и 300 пассажиров в вагоне, соответственно / при проследовании составом нескольких лимитирующих перегонов в центральной части города. Минимальные загрузки вагона / 0 - 20 пассажиров / зарегистрированы на конечных станциях и во время оборота состава.

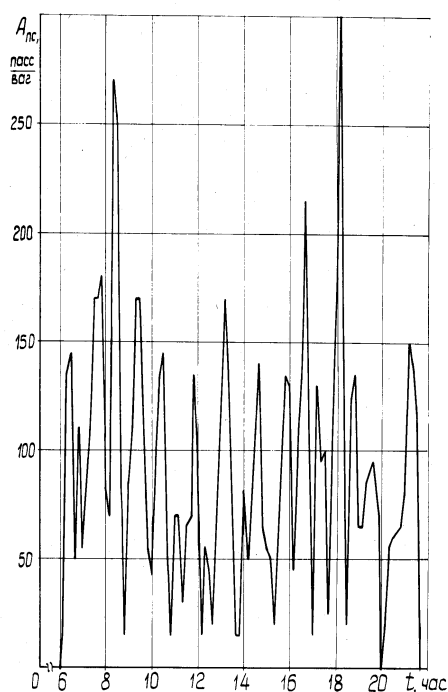


Рис.1 Наполнение вагона метрополитена в эксплуатации.

Количество пассажиров в вагоне можно считать случайной величиной. Поэтому для обработки результатов измерений и анализа построенной на их основе эмпирической гистограммы нами использованы методы теории вероятностей. Установлено, что статистическая функция и кривая распределения дискретной случайной величины $A_{пс}$ /количество пассажиров в вагоне/ хорошо согласуются с законом распределения Релея:

$$f(A_{пс}) = 2 \times 10^{-4} \times A_{пс} \times e^{-(10 \times A_{пс}^2)}$$

Эмпирическая гистограмма и выравнивающая ее теоретическая кривая с параметрами $M = 89$, $\sigma = 46,5$, $\sigma_0 = 71$ представлены на Рис.2:

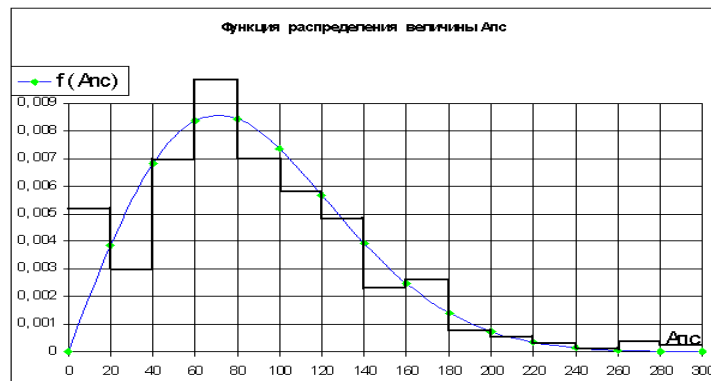


Рис. 2

Как видно, нагрузка 130 пассажиров на вагон включает около 90% всех случаев загрузки вагона в эксплуатации. Иначе говоря, если **100 раз за сутки случайным образом подсчитать количество пассажиров в любом вагоне метрополитена, то в 90 случаях из 100 оно не превысит 130 человек / 9 тонн /**.

Поскольку параметры многих устройств вагона метрополитена выбирают, исходя из часовых режимов работы, на рис.3 представлена диаграмма средних за час наполнений вагона в течение суток. Как видно, средняя за час нагрузка вагона метрополитена составляет в утренние и вечерние часы "пик" 130 пассажиров. Поэтому среднюю часовую нагрузку 130 пассажиров /9 тонн/ можно условно считать средней тягово-энергетической нагрузкой. При ней следует проводить тягово-энергетические испытания вагонов по расходу электроэнергии на тягу и рассчитывать часовую мощность тяговых электродвигателей.

Однако средняя часовая нагрузка не может считаться базовой величиной при расчетах максимальной часовой провозной способности линий метрополитена. Эта провозная способность определяется не наполнением вагонов какого-то одного состава в часы "пик", а наполнением вагонов всех составов, проследовавших в течение часа через некоторое условное сечение линии, выбранное в самой загруженной ее части.

На Московском метрополитене на каждой радиальной линии имеются 5 - 6 наиболее загруженных в часы "пик" перегонов. Составы, следующие друг за другом, проезжают эти перегоны за 15-20 минут. В это время их вагоны наиболее нагружены. В районе этих перегонов на практике достигаются реальные пределы провозной способности метрополитена как транспортной системы. Обследование пассажиропотоков на этих наиболее загруженных участках линий показало, что в часы "пик" средняя за час нагрузка вагонов, проезжающих в течение часа по этим 5 - 6 перегонам, составляет около 200 пассажиров на вагон. При работе на линии семивагонных составов, следующих с интервалом 80с / 45 поездов в час/, максимальная часовая провозная способность линии метрополитена составляет:

$$\Pi = 200 \times 7 \times 45 = 63000 \text{ пасс./ час}$$

При выпуске на линию восьмивагонных составов ее максимальная часовая провозная способность составит 72 тыс.пасс. в час в одном направлении.

Максимальное количество перевезенных конкретной линией за час пассажиров /часовая производительность линии/ и ее максимальная провозная способность могут существенно отличаться, поскольку средняя дальность поездки пассажира этой линии может быть намного меньше, чем длина самой линии. То есть, пассажиры линии могут выходить на ее промежуточных станциях, не доезжая до самых напряженных по пассажиропотоку участков. Да и сама максимальная провозная способность реализуется только на отдельных участках, а не на всей линии. Поэтому максимальное количество перевезенных по данной линии за час пассажиров следует рассчитывать по формуле :

$$M = \Pi \times \frac{L}{l}$$

где Π - средняя часовая провозная способность линии, пасс./час;

L - длина самой линии, км;

l - средняя дальность поездки пассажиров по этой линии, км.

Средняя и максимальная провозные способности в часы "пик" соотносятся примерно как 130 : 200. При максимальной провозной способности линии 60 тыс. пасс. в час в одном направлении ее средняя часовая провозная способность составляет 40 тыс. пасс. в час. При длине самой линии 25км и средней дальности поездки по ней пассажира 10км часовая производительность линии составит:

$$M = 40 \times \frac{25}{10} = 100 \text{ тыс. пасс. в час в одном направлении.}$$

Выводы

1. Среднюю часовую нагрузку - 130 пассажиров на вагон /9 тонн/ следует считать средней тягово-энергетической нагрузкой и проводить при ней тягово-энергетические испытания вагонов по расходу электроэнергии на тягу;
2. Закон Релея можно принимать за основу при создании аналитической модели, описывающей график нагрузки вагона метрополитена в эксплуатации;
3. Максимальная провозная способность радиальной линии метрополитена при эксплуатации на ней семивагонных составов составляет около 60 тыс. пасс. в час в одном направлении.

В.А. Мнацаканов канд. техн. Наук

«Проблемы развития транспортных и инженерных коммуникаций», 1999, №3.