

УДК 51

АНАЛИЗ И РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТУРНИКЕТОВ КУЗГТУ

Гостев Е.А., студент гр. МСС – 241, II курс

Яковлев Д.А., студент гр. МСС – 241, II курс

Научный руководитель: Подкур П.Н., к.ф.-м.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет

имени Т. Ф. Горбачева, г. Кемерово

1. Введение и Теоретические Основы.

Однажды выходя с пары математики, в холле я попал в большое количество студентов, которые стремительно пытаются пройти через турникет и мне стало интересно какова пропускная способность турникетов в корпусах КУЗГТУ. Из этого можно прийти к тому, что Эффективность функционирования контрольно-пропускного пункта (КПП) является важным аспектом управления инфраструктурой любого крупного образовательного учреждения. Недостаточная пропускная способность турникетов во время утреннего, дневного и вечернего прохода студентов приводит к возникновению очередей. В контексте высшего учебного заведения, СМО ярко проявляется в работе пропускной системы турникетов на входе в учебные корпуса.

Система массового обслуживания – предмет, уходящий началом в теорию вероятности. Задачи на СМО работают с очередью заявок: клиенты, звонки, студенты и строго ограниченным числом каналов для их обработки турникетов, кассы и тд. Математическим способом вычисляются эффективность и главные показатели работ системы, что позволяет наладить процесс.

В данной статье рассматривается разомкнутая система массового обслуживания с неограниченной длиной очереди.

Целью работы является анализ эффективности работы турникетов в **1 корпусе и 3 корпусе** КузГТУ и оценка необходимости увеличения количества каналов обслуживания.

2. Данные.

Корпус	Период	Длительность (мин)	Зашло (чел)	Вышло (чел)	Суммарный поток (чел)	λ (чел/мин)
1	8:45-9:15	30	469	52	521	$521/30 \approx 17.37$
2	12:00-12:30	30	93	351	444	$444/30 = 14.8$
3	8:45-9:15	30	189	28	217	$217/30 \approx 7.23$
4	12:00-12:30	30	67	141	208	$208/20 = 10.4$

Данные собраны для расчетов в ходе реального эксперимента в часы пик работы турникетов в КузГТУ. Для анализа используется суммарный поток (Зашло + Вышло), так как оба действия нагружают турникеты.

Установленные параметры системы (принятые):

- μ – интенсивность обслуживания одного турникета: $\mu=8$ (человек/минуту) (около 7.5 секунд на проход).
- n – количество каналов обслуживания: $n_1=3$ турникета (для 1 корпуса), $n_3=2$ турникета (для 3 корпуса).

3. Расчет эффективности СМО

Ключевым показателем является коэффициент загрузки $x = \frac{\rho}{n}$, где $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ - приведенная интенсивность. Условие стационарности системы $x < 1$ должно выполняться.

3.1. Анализ 1 корпуса ($n = 3, \mu = 8$).

А. Утренний период (8:45 – 9:15)

1. Приведенная интенсивность (ρ): $\rho = \frac{\lambda_1}{\mu} = \frac{17,37}{8} = 2,17$

2. Коэффициент загрузки системы (x): $x = \frac{\rho}{n} = \frac{2,17}{3} = 0,72 < 1$

Система находится в стационарном режиме, но загрузка высокая.

3. Среднее число занятых каналов (k): $k = 2,17$

В среднем 2 турникета из 3 постоянно заняты.

4. **Вероятность простоя (P_0):**

$$P_0 = \left(1 + \sum_{k=1}^n \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^{n+1}}{n!(n-\rho)}\right)^{-1} = 0,07$$

Система находится в состоянии покоя (все турникеты свободны) всего около 7% времени.

Б. Обеденный период (12:00 – 12:30)

1. **Приведенная интенсивность (ρ):** $\rho = \frac{\lambda_2}{\mu} = \frac{14,8}{8} = 1,85$

2. **Коэффициент загрузки системы (x):** $x = \frac{\rho}{n} = \frac{1,85}{3} = 0,62 < 1$

Загрузка системы ниже, чем утром.

3. **Среднее число занятых каналов (k):** $k = 1,85$

3.2. Анализ 3 корпуса ($n = 2, \mu = 8$)

А. Утренний период (8:45 – 9:15)

1. **Приведенная интенсивность (ρ):** $\rho = \frac{\lambda_3}{\mu} = \frac{7,23}{8} = 0,90$

2. **Коэффициент загрузки системы (x):** $x = \frac{\rho}{n} = \frac{0,90}{2} = 0,45 < 1$

Загрузка системы минимальна.

3. **Среднее число занятых каналов (k):** $k = 0,90$

В среднем работает только один турникет.

Б. Обеденный период (12:10 – 12:30)

1. **Приведенная интенсивность (ρ):** $\rho = \frac{\lambda_4}{\mu} = \frac{10,4}{8} = 1,3$

2. **Коэффициент загрузки системы (x):** $x = \frac{\rho}{n} = \frac{1,3}{2} = 0,65 < 1$

Система справляется, но загрузка выше, чем утром.

3. **Среднее число занятых каналов (k):** $k = 1,3$

4. Выводы и Рекомендации.

На основе вышеперечисленных расчетов можно сделать вывод о том, что работа пропускной системы турникетов в обоих корпусах является **эффективной**, поскольку условие стабильности $x < 1$ выполняется во всех случаях.

Корпус	Период	λ (чел/мин)	n (турникетов)	x (загрузка)	Эффективность
1	Утро	17,37	3	72%	С запасом
2	Обед	14,8	3	62%	Хорошо
3	Утро	7,23	2	45%	Отлично
4	Обед	10,4	2	65%	Максимальная

1. **1 корпус:** Утренняя нагрузка (**72%**) является самой высокой, но 3 турникета обеспечивают достаточный запас пропускной способности (28%), что исключает длительное ожидание.

2. **3 корпус:** В обеденный перерыв (12:10–12:30) загрузка (**65%**) выше, чем утром. При наличии только двух турникетов этот период является самым критическим для данного корпуса.

3. **Общая рекомендация:** Добавление каналов обслуживания не является *необходимым* для обеспечения стационарности системы, однако для **повышения комфорта** в пиковые утренние часы в 1 корпусе и в обеденное время в 3 корпусе, возможно открытие дополнительных (резервных) турникетов, если таковые имеются, для снижения коэффициента загрузки до $x < 0.5$.

Список литературы:

1. Гинатуллина В.Р., Гарачук Я.Я. Исследование эффективности работы столовой КузГТУ.
2. Кремер Н. Ш. Исследование операций в экономике М.: Юнити, 2003.
3. Болотский А. В., Кочеткова О. А. Исследование операций и методы оптимизации. Учебное пособие. М.: Лань, 2020.