

ОПТИМИЗАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ
ГРУЗОВ

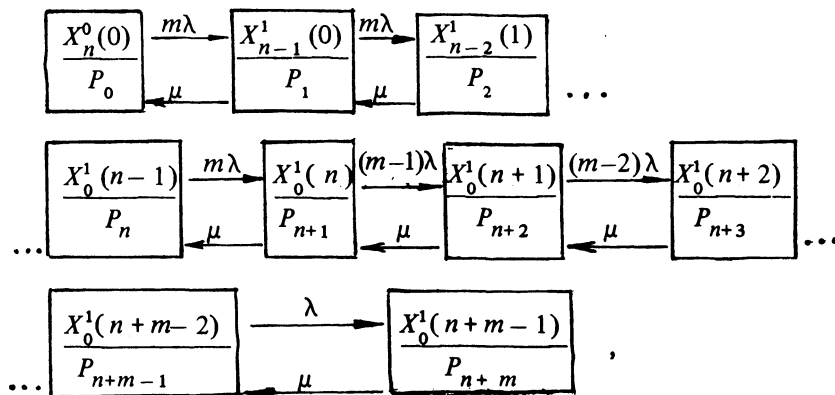
Одним из путей повышения надежности транспортного процесса и снижения затрат на перевозку грузов является совершенствование конструкции существующих транспортных средств и технологии перевозок.

За рубежом широкое распространение нашли автомобили со съёмными кузовами. Как свидетельствует опыт их использования, например в Швеции и Финляндии, производительность подвижного состава увеличилась более чем в 2,5 раза, а транспортные расходы сократились на 30...60 %.

Отечественная промышленность приступила к выпуску автомобилей КамАЗ-55113 со съёмными кузовами, опытные образцы которых появились в 1980 г. Их эффективное использование возможно при наличии методики определения рационального соотношения количества единиц подвижного состава и съёмных кузовов с учетом стохастической природы процесса перевозок грузов в сельском хозяйстве.

В основу методики положена классификация работы погрузчика, m автомобилей, $m + n$ съёмных кузовов, причём $n \geq 1$ (т.е. имеется резерв n съёмных кузовов), как замкнутой системы массового обслуживания с ожиданием. Данная система позволит за счет резервных съёмных кузовов значительно сократить простои погрузчика и автомобилей. Ее можно описать как сеть массового обслуживания с двумя последовательными этапами использования съёмных кузовов: I – погрузчик; II – многоканальная система из m транспортных средств (рис. 1) [1].

Удобнее рассматривать одноканальную систему массового обслуживания, в которой транспортные средства учитываются как потоки поступления съёмных кузовов на обслуживание. В этом случае соответствующий граф состояний имеет следующие вид:



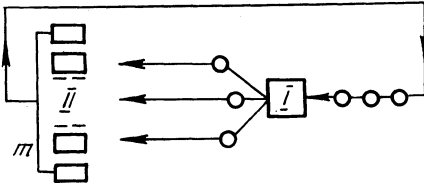


Рис. 1. Схема взаимодействия погрузчика, транспортных средств и съемных кузовов

где $X_{\theta}^a(\epsilon)$ — состояние, когда грузятся a съемных кузовов, θ погружены и ожидают транспортировки, ϵ съемных кузовов находятся в очереди на погрузку.

Рассматриваемая система характеризуется следующими вероятными состояниями [2].

Вероятность нахождения системы в состоянии, когда простаивает погрузчик,

$$P_0 = \left[\frac{1 - (m\rho)^{n+1}}{1 - m\rho} + \frac{(m\rho)^n}{P_0^1} (1 - P_0^1)^{-1} \right],$$

где P_0^1 — начальная вероятность для случая отсутствия резерва съемных кузовов:

$$P_0^1 = \left[\sum_{k=a}^m \frac{m!}{(m-k)!} \rho^k \right]^{-1};$$

$\rho = \lambda/\mu$; λ — интенсивность поступления каждого транспортного средства на обслуживание; μ — интенсивность обслуживания для каждого канала.

Среднее количество съемных кузовов, ожидающих в очереди на погрузку и транспортировку и простаивающих под погрузкой,

$$\bar{r}^1 = n + \frac{(m\rho)^n P_0}{P_0^1} \left[m - \frac{1}{\rho} (1 - P_0^1) \right].$$

Среднее число съемных кузовов в ожидании погрузки и транспортировки

$$\bar{r} = \bar{r}^1 - (1 - P_0).$$

Среднее количество простаивающих под погрузкой транспортных средств

$$\bar{m} = \bar{r}^1 - n.$$

Среднее количество транспортных средств в очереди

$$\bar{m}^1 = m^1 + \frac{1 - (m\rho)^{n+1}}{1 - m\rho} P_0 - 1.$$

Зная вероятность всех состояний системы, можно определить количественные характеристики, оценивающие качество работы системы: длительность простоев в системе обслуживания и связанные с ними потери.

Так как среднее количество простаивающих транспортных средств есть \bar{m} , то коэффициент активного использования автомобилей, определяющий долю автомобилей, находящихся в движении,

$$K_{и} = 1 - \bar{m}/m.$$

Степень загрузки погрузочного механизма характеризуется использованием рабочего времени, а поскольку вероятность отсутствия требований в системе P_0 показывает долю простоев, коэффициент загрузки можно представить в виде

$$K_з = 1 - P_0.$$

Из анализа приведенных зависимостей следует, что с увеличением количества автомобилей, закрепленных за погрузчиком, степень его загрузки возрастает, а коэффициент активного использования автомобилей снижается. Оптимальное их соотношение должно определяться с помощью экономического критерия путем минимизации издержек от простоев автомобилей, съемных кузовов и погрузочного средства. Функция суммы издержек может быть представлена для рассматриваемой системы в виде

$$Z_{(m,n,1)} = C_a \bar{m} + C_{с.к} n + C_{п} P_0,$$

где C_a , $C_{с.к}$, $C_{п}$ — соответственно стоимость простоя автомобиля со съемным кузовом, резервного съемного кузова и погрузчика в единицу времени.

Для определения потерь, вызванных простоями механизмов, более приемлем метод "резервных" машин, сущность которого заключается в том, что простаивающие механизмы должны быть заменены другими аналогичного типа, стоимость содержания которых будет определять дополнительные затраты, возникающие в процессе простоев основных машин. Издержки, вызванные потерями из-за простоев в ожидании обслуживания, достаточно полно характеризуются теми дополнительными затратами, которые будут необходимы для содержания резервных машин. Величину их целесообразно анализировать по критерию

$$\Pi = C_{ai} + E_n K,$$

где C_{ai} — сумма годовых эксплуатационных затрат на содержание i -й машины; E_n — нормативный коэффициент экономической эффективности; K — стоимость машины.

Основными элементами годовых эксплуатационных затрат, влияющих на стоимость простоя, являются затраты на зарплату ($C_{зп}$), амортизационные отчисления ($C_{ам}$) и затраты, связанные с хранением техники ($C_{хр}$). $C_{ам}$ и $C_{хр}$ зависят лишь от стоимости машины и пропорциональны ей:

$$C_{хр} = WK, \quad C_{ам} = VK,$$

где W , V — нормативы годовых отчислений на хранение техники и амортизационные отчисления.

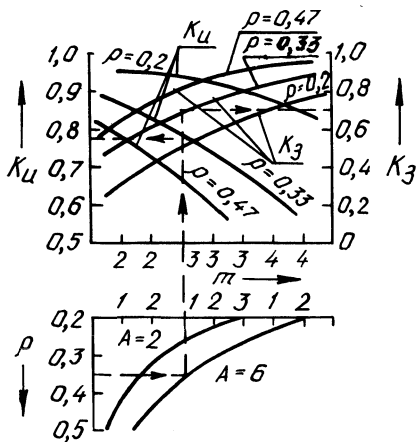


Рис. 2. Номограмма оптимизации загрузки транспортной системы при наличии резервных кузовов

Отчисления на хранение включают затраты на амортизацию площадок, навесов, а также на консервацию техники и ее охрану и составляют для сложных машин 2 % их стоимости. При кратковременных внеплановых простоях не по вине водителя ему рекомендуется выплачивать 2/3 тарифной ставки.

В результате критерий приведенных затрат имеет вид

$$\Pi = C_{\text{зн}} + (E_{\text{н}} + W + V)K.$$

Стоимость 1 ч простоя автомобиля со съемным кузовом определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{а}} = \frac{2}{3} Z_{\text{в}} \eta_{\text{д}} \eta_{\text{с}} + \frac{(E_{\text{н}} + W) v_{\text{э}} K}{L_{\text{а}}},$$

где $Z_{\text{в}}$ – тарифная ставка; $\eta_{\text{д}}$, $\eta_{\text{с}}$ – коэффициенты, учитывающие дополнительную заработную плату и отчисления на социальное страхование; $L_{\text{а}}$ – годовой пробег автомобиля, ч; $v_{\text{э}}$ – средняя эксплуатационная скорость, км/ч.

Стоимость 1 ч простоя резервного съемного кузова определяется по выражению

$$C_{\text{с.к}} = \frac{(E_{\text{н}} + V + W)K}{3_{\text{г}}},$$

где $3_{\text{г}}$ – годовая загрузка съемного кузова, ч.

Потери в единицу времени от простоев погрузчика

$$C_{\text{п}} = Z_{\text{н}} \eta_{\text{д}} \eta_{\text{с}} + \frac{(E_{\text{н}} + W + V)K_{\text{з}}}{3_{\text{г.п}}},$$

где $3_{\text{г.п}}$ – годовая загрузка погрузчика, ч.

Так как расчеты по определению оптимальной загрузки системы весьма трудоемки, разработана расчетная номограмма. Функция суммы издержек преобразована следующим образом:

$$Z_{m, n, 1} = \bar{m} + Bn + AP_0,$$

где $B = C_{с.к}/C_a$; $A = C_{п}/C_a$;

На рис. 2 представлена расчетная номограмма для возможных изменений $\rho = 0,2 \dots 0,5$ и $A = 2 \dots 6$.

Использование номограммы упрощает расчет рационального соотношения количества автомобилей и съемных кузовов, который проводится в такой последовательности. Вначале определяются параметры потока требований на обслуживание (λ , μ , ρ). Затем откладывается полученное значение ρ на оси ординат нижнего прямоугольника и проводится горизонтальная линия до пересечения с кривой A , соответствующей отношению стоимостей простоя погрузчика и автомобиля. Вертикальная линия от отмеченной точки до оси абсцисс определяет оптимальную загрузку системы. Пересечение этой линии с кривыми $K_{и}$, $K_{з}$ верхнего прямоугольника позволяет получить оценку активного использования автомобиля и загрузку погрузчика. Например, при перевозке автомобилем КамАЗ-55113 свеклы, погрузка которой осуществляется свеклопогрузчиком СПС-4,2, $B = 0,47$ и $A = 6$. При $\rho = 0,33$ загрузка системы будет оптимальной в случае использования трех автомобилей КамАЗ-55113 и одного резервного кузова. В этом случае $K_{з} = 0,71$ и $K_{и} = 0,79$.

Таким образом, применение предлагаемой методики при загрузке системы "автомобиль—съемный кузов—погрузчик" позволит более точно определять соотношение количества автомобилей и съемных кузовов, создавая условия для совершенствования технологии перевозок, повышения производительности транспортных и погрузочно-разгрузочных средств и снижения затрат на перевозку грузов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кофман А., Крюон Р. Массовое обслуживание, теория и приложения. М., 1965.
2. Бейдерман Е. Анализ транспортной системы массового обслуживания с наличием резервных прицепов и автосцепки // Тр. ЛСХА. Елгава, 1979. Вып. 159.