

путей, пропускную способность которой требуется рассчитать. Выбранные пути изменяют цвет. Оператор может создавать варианты использования путей парка.

Рядом с парком расположена таблица, в которую оператор вводит продолжительность занятия пути поездом, количество поездов и их категорию по варианту и технологические коэффициенты. Варианты сохраняются в базе данных программы.

После ввода исходных данных оператор производит расчет пропускной способности выбранной группы путей, результаты которого сводятся в таблицу. При наличии нескольких вариантов пропуска поездов возможно провести сравнение пропускной способности посредством диаграммы.

Для расчета перерабатывающей способности сортировочных устройств оператор выбирает сортировочную горку или вытяжной путь. На экране появляется выбранный элемент. Оператор вводит исходные данные для расчета в таблицу, которая расположена рядом с рассчитываемым элементом. Для каждого варианта возможно сохранить технологические времена и коэффициенты. Результаты расчетов по вариантам представляются в виде таблицы и диаграммы.

Результаты расчетов пропускной способности элементов станции по вариантам возможно экспортировать в редактор Microsoft Word, и распечатать в виде оформленного документа с диаграммами, исходными данными и результатами по вариантам.

Программа позволяет моделировать различные варианты изменения технологических времен занятия стрелочной горловины, парка, сортировочного устройства станции и оценить пропускную способность и ее резерв. Моделирование заключается в изменении: размеров движения поездов по категориям; продолжительности следования поездов по маршрутам; продолжительности занятия путей парка.

Программный продукт дает возможность оператору вносить изменения в схему станции и после этого выполнять расчет пропускной способности элемента станции с учетом измененной схемы; ускорять процедуру разработки вариантов мер технического развития железнодорожной станции и принятия управленческих решений, а также моделирования как технологии, так и технического оснащения железнодорожной станции.

УДК 656

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕРМИНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ

А. Я. АНДРЕЕВ

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Работа транспортно-логистического центра может быть описана вероятностными моделями, отражающими наиболее полно реальные условия. Особенностью процесса погрузки-выгрузки является его массовость. В течение сравнительно коротких промежутков времени прибывает и убывает большое количество транспорта. Поэтому, по аналогии с другими массовыми процессами, такими как обслуживание покупателей в магазине; телефонное соединение абонентов автоматизированными телефонными станциями; прием больных врачом; диспетчерское обслуживание самолетов в крупном аэропорту; процесс обслуживания автомобилей, прибывающих на погрузку или выгрузку может быть описан с использованием теории массового обслуживания.

Для построения математической модели описания процесса обслуживания автомобилей, прибывающих на погрузку как систем массового обслуживания необходимо знать ряд характеристик (поток требований (то есть поток автомобилей, прибывающих на погрузку), характеристик обслуживания (продолжительность погрузки) и структуру обслуживаемой системы).

Процесс обслуживания автомобилей, прибывающих на погрузку, является системой с очередью, так как, если все посты погрузки (каналы обслуживания) заняты, автомобиль (заявка) должен встать в очередь.

Говоря о структуре системы, можно сказать, что процесс обслуживания автомобилей, прибывающих на погрузку, является многоканальной однофазной системой с параллельными однородными

каналами, так как число постов погрузки практически всегда больше единицы; однофазными из-за того, что процесс обслуживания заключается в одной фазе: «занял место – освободил».

Согласно этой системе, поток автомобилей, прибывающих на погрузку, относится к классу простейших потоков, у которых вероятность поступления  $P$  равна  $k$  требований в промежуток времени  $i$  и определяются функцией Пуассона:

$$P_k(i) = \frac{(\lambda_i)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda_i}, (k = 0, 1, 2, 3, \dots),$$

где  $\lambda_i$  – среднее число автомобилей, прибывающих на погрузку в единицу времени, ед./мин;  $k$  – количество требований в промежуток времени  $i$ , ед.;  $e$  – основание натурального логарифма.

Время  $T_{об}$  обслуживания каждой заявки распределено по показательному закону:

$$f(t) = \mu e^{-\mu t}, (t \geq 0),$$

где  $\mu$  – интенсивность потока обслуживания.

Модель позволяет провести оценку эффективности функционирования терминала по обслуживанию автомобилей, прибывающих на погрузку.

Согласно данной модели, к характеристикам эффективности функционирования СМО относятся следующие показатели:

- абсолютная пропускная способность СМО; относительная пропускная способность СМО;
- среднее число заявок, находящихся в очереди; среднее время ожидания заявки в очереди;
- вероятность простоя СМО; вероятность занятости обслуживанием  $k$  заявок;
- вероятность занятости СМО; вероятность оказаться в очереди;
- интенсивность нагрузки СМО; среднее время пребывания заявки в СМО;
- среднее число занятых обслуживанием каналов; среднее число свободных каналов;
- коэффициент занятости каналов обслуживанием;
- среднее число заявок в системе.

УДК 656

## ТЕРМИНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ

*А. Я. АНДРЕЕВ, А. Д. ЛУКЬЯНЧУК*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

При участии в перевозках грузов нескольких взаимодействующих видов транспорта особенно важно транспортно-экспедиционное обслуживание (ТЭО) предприятий. В связи с этим наибольшее развитие транспортно-экспедиционное обслуживание предприятий получило при осуществлении централизованного завоза и вывоза груза с использованием грузовых терминалов.

Комплекс транспортно-экспедиционных операций и услуг, принимаемых к выполнению автомобильным транспортом, включает в себя следующий перечень работ: получение от терминала заявок на завоз, вывоз и отправление грузов; составление товарно-транспортных документов на перевозку грузов автомобильным транспортом; осуществление приема и сдачи грузов; сопровождение и охрана грузов при перевозке автомобильным транспортом; получение от терминала документов, удостоверяющих прием и отправление грузов; производство расчетов с терминалом; производство расчетов с клиентом за выполненные транспортные и экспедиционные работы взаимодействующими видами транспорта; прием от терминала и доставка грузоотправителям квитанций и денежных документов на отправленные грузы; контроль за прибытием грузов и уведомление об этом грузополучателей; раскредитование документов на прибывшие грузы; оформление плана перевозок грузов с участием взаимодействующих видов транспорта и осуществление контроля за выполнением этого плана.

Анализ исследования в области совершенствования перевозок грузов в городе и пригородной зоне, проводимых за рубежом, показал, что формирование региональных грузопотоков как за рубе-