

падают с собственными частотами трансмиссии.

2. Коэффициент динамичности, рассчитанный для автобуса полной массы, оказывается предельным по прочности деталей ведущего моста автобуса.

3. Изменяя геометрические параметры бортового редуктора, можно значительно снизить динамическую нагруженность трансмиссии или вывести ее собственные частоты за пределы зоны рабочих частот.

УДК 656.13.08

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АВАРИЙНОСТИ В ДОРОЖНОМ ДВИЖЕНИИ

Канд. техн. наук КАПСКИЙ Д. В.

Белорусский национальный технический университет

В БНТУ проводится работа по созданию методики прогнозирования аварийности на основе определения потенциальной опасности в конфликте транспорт – транспорт, которая бы позволяла с достаточной точностью определить вероятное число аварий в зависимости от набора факторов, влияющих на аварийность: транспортной нагрузки, светофорного регулирования, геометрии перекрестка и других условий движения. Это позволит выполнить оптимизацию решений по организации дорожного движения еще на стадии их разработки или проектирования, причем одновременно по критерию минимизации аварийных, экологических и экономических потерь.

Расчетная модель определения потенциальной опасности существенно изменена и в нее введены новые факторы, влияющие на аварийность. Все они объединены в псевдонезависимые группы, внутри каждой факторы связаны аналитическими зависимостями различной сложности и представлены в виде отдельных коэффициентов. Структурная формула определения потенциальной опасности имеет вид произведения коэффициентов, представляющих свои группы факторов. Потенциальная опасность рассчитывается для каждой конфликтной точки, затем суммируется в пределах объекта и по этой сумме находится вероятное число аварий. Аварийность определяется от-

дельно для трех режимов конфликтного движения: нерегулируемого, когда светофорный объект работает в режиме желтого мигания; внутрифазного, когда конфликтное движение происходит внутри одной фазы светофорного цикла, например при левом повороте; межфазного, когда конфликтное движение происходит при смене фаз, – транспортные средства предыдущего направления еще не ушли из конфликтной точки, а транспортные средства последующего направления уже пришли в эту точку, причем все они идут якобы на зеленый сигнал светофора.

Сущность разработки и совершенствования метода заключается в создании такой модели определения потенциальной опасности, которая давала бы более точный прогноз. На входе мы имеем набор факторов, влияющих на аварийность, а на выходе – статистику аварийности. Задача сводится к поиску наилучших зависимостей определения потенциальной опасности, что может быть реализовано только с помощью специальной компьютерной программы, поскольку на аварийность влияет большое количество факторов – только в нашей модели учитывается примерно 75 факторов.

Для расчета потенциальной опасности требуются исходные данные, характеризующие:

- геометрические параметры перекрестка (ширина полос движения, расстояние от стоп-

линии до конфликтной точки, радиусы закругления кромок проезжих частей дороги, продольные уклоны проезжей части и т. д.);

- транспортную нагрузку (интенсивность и скорость движения, состав транспортного потока);

- режимы работы светофорного объекта (диаграмма регулирования, длительность светофорного цикла, зеленого сигнала, желтого сигнала, переходного интервала);

- условия движения транспортных потоков (видимость конфликтной точки в направлении движения, боковая видимость, угол взаимодействия конфликтующих транспортных потоков, величина коэффициента сцепления и др.).

Потенциальная опасность – это невидимая, скрытая опасность, которая является сложной, закодированной функцией многих факторов и множества их комбинаций – скорость, интенсивность, регулирование, условия и т. д. Поскольку раскодировать эту функцию пока не удастся, задача сводится к тому, чтобы подобрать такие упрощенные зависимости, которые давали бы приемлемый по точности прогноз.

Для проведения машинного эксперимента были подготовлены исходные данные путем проведения натурного эксперимента по статистически значимой выборке 78 регулируемых перекрестков, 89 нерегулируемых перекрестков, включающей 17898 конфликтных точек и 6787 аварий.

Для повышения точности прогноза в существующую модель определения потенциальной опасности введены изменения, а именно:

- уточнены некоторые расчетные зависимости внутри групп факторов, касающиеся в основном межфазного режима движения;

- в структурную формулу введен ряд коэффициентов, например коэффициент времени, характеризующий продолжительность работы объекта в каждом из трех режимов конфликтного движения;

- введено понятие конфликтной зоны, которая представляет собой группу компактно расположенных и взаимодействующих между собой конфликтных точек с пересекающимися границами. Поскольку водитель при проезде конфликтной зоны настраивается на преодоление самой опасной точки, остальные, менее

опасные, он преодолевает легко («с запасом»), и они оказывают меньшее влияние на аварийность. Поэтому внутри конфликтной зоны потенциальная опасность конфликтных точек ранжируется.

Установлено, что конфликтные зоны могут быть образованы отдельной конфликтной точкой, несколькими конфликтными точками или на некоторых перекрестках, всеми конфликтными точками. В отличие от базовой модели потенциальная опасность перекрестка суммируется не по конфликтным точкам, а по конфликтным зонам;

- предложено ранжирование конфликтных зон в пределах перекрестка, поскольку малые конфликтные зоны водителем также преодолеваются значительно легче;

- введено понятие порога чувствительности потенциальной опасности в конфликтной точке, ниже которого она не вызывает аварий и поэтому не суммируется в пределах зоны. Пороги чувствительности оказались различными для разных режимов конфликтного движения;

- произведено ранжирование коэффициентов структурной формулы, потому что неизвестно, насколько адекватно отражают влияние на аварийность те зависимости, которые приняты для данной группы факторов;

- выполнено приведение тяжести последствий аварий по потенциальной опасности. Поскольку в определении потенциальной опасности участвуют факторы, которые влияют на вероятность возникновения аварий и на тяжесть их последствий, например скорость, очевидно, что одинаковая потенциальная опасность может вызывать либо большее число аварий с «легкими» последствиями, либо меньшее число аварий с «тяжелыми» последствиями.

Установлено, что одна авария с ранением условно равна двум авариям с материальным ущербом при внутрифазном режиме, трем авариям – при нерегулируемом режиме и четырем авариям – при межфазном режиме.

Таким образом, полученная модель позволяет прогнозировать не простое, а приведенное число аварий, т. е. с материальным ущербом.

Для проверки адекватности усовершенствованного метода проведено контрольное прогнозирование на 11 перекрестках Республики Беларусь, расположенных в Минске, Гомеле,

Гродно и Витебске. Была определена точность прогноза – она оказалась довольно высокой (до $\pm 48\%$). А на малонагруженных перекрестках явно сработал порог чувствительности, что позволило повысить точность прогноза, в отличие от базовой модели, в несколько раз.

Усовершенствованный метод прогнозирования и оценки аварийности позволяет на практике оптимизировать по критерию безопасности принимаемые решения по организации дорожного движения еще на стадии их разработки или проектирования.

УДК 623.681.5

ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Канд. техн. наук, доц. ЛИСЕЙЧИКОВ Н. И., асп. ГОЛИК А. В.

Научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Республики Беларусь

Для обеспечения работоспособности и исправности сложных технических систем в настоящее время широко применяется планово-предупредительная система технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) [1]. Наличие парка технических объектов, привлечение больших объемов разнородных эксплуатационных материалов (ЭМ), их высокая стоимость ведут к тому, что планирование ТО и ТР сложных технических систем является серьезной проблемой. Целесообразно для ее решения использовать методы математического моделирования.

Исходные предпосылки. Эксплуатируется группа сложных технических систем. Проведение технического обслуживания на одной системе требует привлечения различных разновидностей ЭМ, представленных взаимозаменяемыми марками. Все ЭМ, относящиеся к различным разновидностям, совместимы. Применение в какой-либо из разновидностей ЭМ смеси различных марок не допускается.

Модель 1. Минимизация расхода ЭМ при наличии одной технической системы. На технической системе необходимо провести комплекс работ, включающий $i = \overline{1, N}$ видов. При выполнении каждой работы используются j разновидностей ЭМ, $j = \overline{1, K_i}$. Каждая разновидность ЭМ представлена набором взаимоза-

меняемых марок. Стоимость единицы ЭМ и норма его расхода в i -й работе j -й его разновидности z -й марки составляет C_{ijz} и x_{ijz}^0 , $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, K_i}$, $z = \overline{1, m_{ij}}$ соответственно. Запасы ЭМ по всем их разновидностям и маркам будут b_{jz} , $j = \overline{1, K_i}$, $z = \overline{1, m_{ij}}$. Требуется составить план расхода ЭМ на технической системе такой, чтобы имеющихся запасов хватило для проведения комплекса работ, а общая стоимость израсходованных материалов была как можно меньше.

Формализация задачи. Введем булевы переменные $d_{ijz} = 1$, если в i -й работе в качестве j -го ЭМ используются его z -я марка и 0 в обратном случае, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, K_i}$, $z = \overline{1, m_{ij}}$. Рассмотрим матрицу Q , элемент q_{ij} которой равен 1, если в i -й работе необходимо применять j -ю разновидность ЭМ. В противном случае элемент $q_{ij} = 0$. Тогда условие выбора одной и только одной марки j -го ЭМ, если он применяется в i -й работе, можно записать:

$$\sum_{z=1}^{m_{ij}} d_{ijz} = q_{ij}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, K_i}. \quad \text{Учет}$$

имеющихся запасов ЭМ осуществляется с помощью системы ограничений $\sum_{i=1}^N d_{ijz} x_{ijz}^0 \leq b_{jz}$,