

# ПРЕДПОСЫЛКИ К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ОПТИМИЗАЦИИ СКОРОСТНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННЫХ ДОРОЖНЫХ МАШИН

**Мандровский К. П.,**

Кандидат технических наук, доцент,

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

effectmash@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрен расчетный способ оптимизации дорожного движения с участием комбинированной дорожной машины, основанный на условии того, что затор не должен достичь ближайшего перекрестка. Обоснованы показатели исходной информации и результатов расчета. Показана специфичность решаемой задачи, не позволяющая в полной мере использовать положения теории транспортных потоков.

**Ключевые слова:** дорожный затор, комбинированная дорожная машина, движение по автомагистрали, движение по городской сети дорог, математическая модель.

## THE PREREQUISITES TO THE MATHEMATICAL MODELING TO OPTIMIZE THE SPEED LIMIT OF THE COMBINED ROAD MACHINES

**K. Mandrovsky**

The Moscow State Automobile & Road Technical University (MADI)

**Abstract.** The way to optimize traffic with the combined road machine, based on the assumption that traffic jam is not should reach the nearest intersection. Substantiated indicators of the initial information for the calculation and results. Shows the specificity of the problem, which does not allow full use of the theory of traffic flows.

**Keywords:** traffic jam, combined road car, the traffic on the highway, the traffic on urban road networks, mathematical model.

Основным негативным результатом современной эксплуатации автомобильных дорог является дорожный затор. Для него характерно скопление транспортных средств, движущихся с низкой скоростью, гораздо меньшей, чем нормальная скорость для данного участка дороги. При образовании затора пропускная способность значительно снижается.

Таким образом, понятие затора неразрывно связано со скоростным режимом дороги, а именно, с реальной скоростью движения (скоростью «пробки») и нормальной скоростью движения (скоростным режимом). Если реальная скорость значительно ниже нор-

мальной при условии присутствия на дороге большого количества автомобилей, то такая ситуация классифицируется как затор или «пробка».

Закономерности образования заторов рассматриваются в теории транспортных потоков (см. например [1], [2]). Однако комбинированную дорожную машину (КДМ) нельзя наделять свойствами транспортного средства, поскольку целью ее эксплуатации является выполнение работ по содержанию дорог. Поэтому по отношению к КДМ можно применить действия, которые были бы недопустимыми к транспортным средствам. В таких условиях целесообразно разработать специализированные

математические модели, учитывающие специфику эксплуатации КДМ.

Рассмотрим зимнее содержание дорог с участием КДМ на автомобильном шасси. В этом случае помехи возникают в основном при уборке снега и предупреждении гололеда. Данные операции выполняются при помощи фронтальных отвалов, цилиндрических межосевых щеток, распределителей реагента.

Скоростной режим отвала составляет приблизительно от 5 до 40 км/час, скоростной режим щетки составляет приблизительно от 10 до 20 км/час, скоростной режим распределения реагентов составляет приблизительно от 15 до 40 км/час.

Уборка снега с поверхности дороги осуществляется каскадным методом. Все полосы движения занимаются несколькими КДМ с опущенными отвалами, первая по счету КДМ находится в крайней левой полосе и оттесняет снег отвалом к следующей за ней КДМ. В результате снег оказывается за пределами дороги или занимает крайнюю ее часть. Ситуация характерна тем, что КДМ невозможно обогнать, однако скоростной режим относительно благоприятен.

После такой уборки может возникнуть потребность в очистке крайней части дороги. Для этого по ней пускается КДМ с опущенным отвалом и работающей щеткой. Ситуация характерна тем, что КДМ можно объехать (обогнать), однако скоростной режим неблагоприятен.

Предупреждение и борьба с гололедом осуществляется при помощи распределения реагента. В этом случае КДМ занимает только одну полосу дороги. Ситуация характерна тем, что КДМ можно объехать (обогнать) и скоростной режим ее работы благоприятен.

Современные КДМ не в состоянии обслуживать дорогу со скоростью транспортного потока, т.е. являются препятствиями на дороге. В таких условиях следует рассмотреть вопрос о том, каким образом можно оптимизировать показатели этого препятствия.

Таким образом, можно выделить два основных типа помех транспортному движению со стороны работающих КДМ:

- перемещающееся с некоторой скоростью препятствие без возможности обгона (объезда);
- перемещающееся с некоторой скоростью препятствие с возможностью обгона (объезда).

Будем базировать рассуждения из предположения того, что КДМ перемещается по дороге, имеющей по две полосы движения в каждую сторону. Такой вариант универсален, поскольку результаты анализа можно будет затем применить к дорогам с одной полосой движения в каждую сторону, а также к дорогам с количеством полос более двух.

Если на одной из полос загруженной дороги появляется неподвижное препятствие, то, как правило, довольно быстро средняя скорость обеих полос за препятствием падает до 5...7 км/час, что обусловлено перестроением автомобилей из занятой полосы на свободную. Если дорога не загружена, то скорость потока до препятствия будет выше. Этот вариант рассматриваться не будет, поскольку он не является проблемным.

Если препятствие занимает не всю ширину полосы, то скорость его обтекания возрастает. Если препятствие движется, то скорость его обтекания превращается в относительную. Скорость потока за препятствием в таком случае будет складываться из относительной скорости обтекания препятствия и скорости самого препятствия.

Для определения способа оптимизации режима движения КДМ необходимо рассмотреть, в каких условиях дорожная ситуация терпит качественные изменения. Если затор распространяется по участку дороги, который не имеет перекрестков, то проблемы возникают только на загруженном направлении. Если же затор занимает перекресток, то проблемы возникают также и на другом направлении, в результате затор имеет сетевое распространение. Страдают участки дороги, которые могут не иметь загрузки. Такая ситуация имеет характерный качественный переход в распространении заторов.

В качестве базы для разработки метода оптимизации целесообразно принять условие того, что затор, возникнувший от работы КДМ на каком-либо участке дороги, не должен достичь ближайшего за

КДМ перекрестка. Такую возможность можно обеспечить путем перемещения КДМ с дороги в момент, когда «хвост пробки» приблизился к ближайшему перекрестку.

Например, КДМ находится на обочине дороги (или в кармане). До ближайшего перекрестка за КДМ есть некоторая дистанция  $L1$  (см. рис. 1), следующий карман для съезда находится на некотором расстоянии  $L2$  перед КДМ. Нужно подобрать такую скорость  $V_{кдм}$  движения КДМ, чтобы, пока она едет по дороге до следующего кармана, «пробка» не превысила бы длину  $L1+L2$ .

КДМ имеет некоторую ширину, помимо этого она может ехать вплотную к обочине или по обочине, все это определяет долю от полосы  $V_{кдм}$ , занятую КДМ (см. рис. 1). От последнего показателя зависит, с какой относительной скоростью машины будут опережать препятствие. Скорость движения КДМ и относительная скорость  $V_{об}$  объезда КДМ формируют скорость затора или «пробки»  $V_{п}$ . Дорога имеет скоростной режим  $V_{дор}$ , который в совокупности со скоростью «пробки»  $V_{п}$  формирует скорость накопления «пробки»  $V_{нак.пр}$ . Скорость накопления «пробки» определяет время  $T_{пред.нак}$  предельного накопления (или допустимое время движения КДМ по дороге), в течение которого «пробка» займет дистанцию  $L1+L2$ . Именно за это время КДМ должна успеть преодолеть дистанцию  $L2$ , отсюда можно определить минимально возможную скорость движения КДМ  $V_{кдм}$ .

В результате имеют место следующие параметры и показатели исходной информации при оптимизации режима движения КДМ:

1.  $V_{кдм}$  – ширина КДМ в долях от ширины полосы, доли;
2.  $L1$  – расстояние от места выезда на дорогу КДМ до перекрестка за КДМ, км;
3.  $L2$  – расстояние от места выезда на дорогу КДМ до места съезда, км;
4.  $V_{дор}$  – скоростной режим дороги, км/час.

Результатом расчета является следующая информация:

1.  $T_{пред.нак}$  – допустимое время движения КДМ по дороге, часы;
2.  $V_{нак.пр}$  – скорость накопления «пробки», км/час;
3.  $V_{п}$  – скорость «пробки», км/час;
4.  $V_{кдм}$  – минимально возможная рабочая скорость перемещения КДМ, км/час;
5.  $V_{об}$  – относительная скорость объезда КДМ, км/час.

Таким образом, показателем оптимизации является скорость  $V_{кдм}$ , критерием оптимизации – длина затора, имеющая максимальную величину  $L1+L2$ .

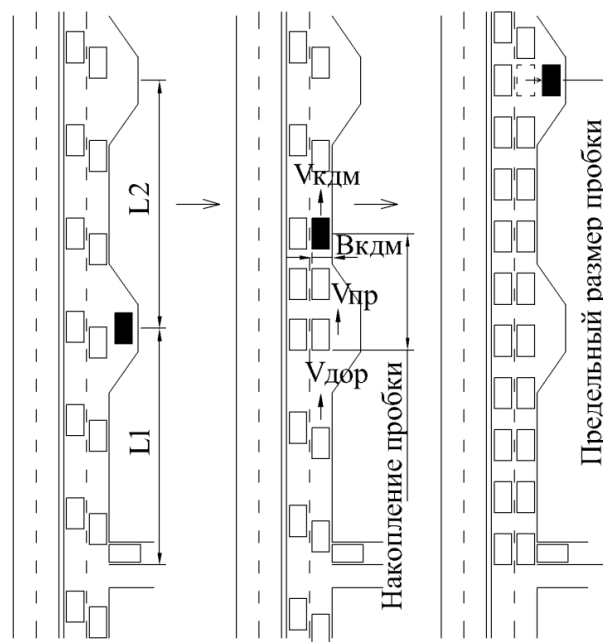


Рис. 1. Вариант движения КДМ по автомагистрали (линейное движение)

Вариант движения КДМ по автомагистрали характерен тем, что КДМ перемещается линейно, съезжая только в карманы на обочине. Этот вариант применим главным образом вне города.

В городских условиях имеет место сеть дорог – обочин и карманов для съезда может просто не оказаться. В таких условиях необходимо организовать движение КДМ таким образом, чтобы обеспечивался поворот с загруженной дороги на менее загруженную. Движение в данном случае имеет ступенчатый характер. Пока КДМ обрабатывает незагруженную

дорогу, «пробка» на загруженной дороге исчезает, затем КДМ вновь сворачивает на загруженную дорогу – образуется «пробка» – КДМ по достижении перекрестка сворачивает на менее загруженную и т.д. Если все дороги сети загружены, то использование ступенчатого движения также может привести к улучшению обстановки, однако это можно проверить только опытным путем.

### **Заключение**

Таким образом, возможны два варианта использования разрабатываемой математической модели оптимизации скоростного режима КДМ:

- вариант движения КДМ по автомагистрали (см. рис. 1);

- вариант движения КДМ по уличной сети дорог.

Поскольку дистанция между съездами и между перекрестками в зависимости от района переменна, то в обоих вариантах предполагается многократный расчет по математической модели.

Сказанное дает предпосылки к разработке методик оптимизации скоростного режима КДМ на базе разрабатываемой математической модели и дальнейшего использования этой информации при усовершенствовании уже имеющихся баз данных [3]. Сочетание этих направлений определяет возможности к созданию мониторинговой системы управления содержанием дорог при помощи КДМ.

### **Список литературы**

1. Швецов, В.И. Математическое моделирование транспортных потоков / В.И. Швецов // Автоматика и телематика. – 2003. - №11.
2. Хейт, Ф. Математическая теория транспортных потоков: учеб. пособие для вузов / Ф. Хейт. – М.:Мир, 1966. – 286 с.
3. Тагиева, Н.К. Систематизация информации по существующим комбинированным дорожным машинам / Н.К. Тагиева // Вестник МАДИ – Вып. 1(23) – С. 42-47.