

**МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ(ГУ)
Факультет управления и прикладной математики
Кафедра «Математическое моделирование
сложных процессов и систем»**

**Обобщение модели Трайбера в случае
многополосных автомобильных дорог**

Выполнила Обидина Татьяна Сергеевна
Научный руководитель к.ф-м.н. Оленёв Николай
Николаевич

Москва, 2012

Цель исследований

- Проанализировать существующие математические модели транспортных потоков.
- Разработать математическую модель движения по многополосной дороге.
- Разработать математическую модель движения на перекрестке.
- Реализовать разработанные модели на многополосной дороге и перекрестке.
- Проанализировать полученные результаты.

Наиболее популярные микроскопические транспортные модели.

- Модель оптимальной скорости Ньюэлла
- Модель следования за лидером Дженерал Моторс
- Модель “разумного водителя” Трайбера
- Модели клеточных автоматов
- Модель Кернера-Кленова

Модель «разумного водителя» Трайбера

$$a_{IDM}(s, v, \Delta v) = \frac{dv}{dt} = a \left[1 - \left(\frac{v}{v_0} \right)^\delta - \left(\frac{s^*(v, \Delta v)}{s} \right)^2 \right]$$

$$s^*(v, \Delta v) = s_0 + vT + \frac{v\Delta v}{2\sqrt{ab}}$$

Параметры модели

| Параметр | Автомобиль | Грузовик |
|------------------------------|---------------------|---------------------|
| Желаемая скорость v_0 | 120 км/ч | 85 км/ч |
| Степень ускорения δ | 4 | 4 |
| Желаемый временной зазор T | 1.5с | 2.0с |
| Дистанция сближения s_0 | 2.0м | 4.0м |
| Максимальное ускорение a | 1.4м/с ² | 0.7м/с ² |
| Желаемое торможение b | 2.0м/с ² | 2.0м/с ² |
| Фактор хладнокровия c | 0.99 | 0.99 |

Моделирование многополосного движения автотранспорта

- 1. Машина находится в зоне, где разрешена смена полосы в соответствии с правилами дорожного движения.
- 2. Смена полосы ведет к увеличению скорости АТС или необходима для достижения цели.
- 3. Правило безопасности: свободное расстояние на целевой полосе позади места перестраивания $\geq V_{\max} * t$, впереди $\geq V * t$, где $t = \text{const} = 5$ сек.

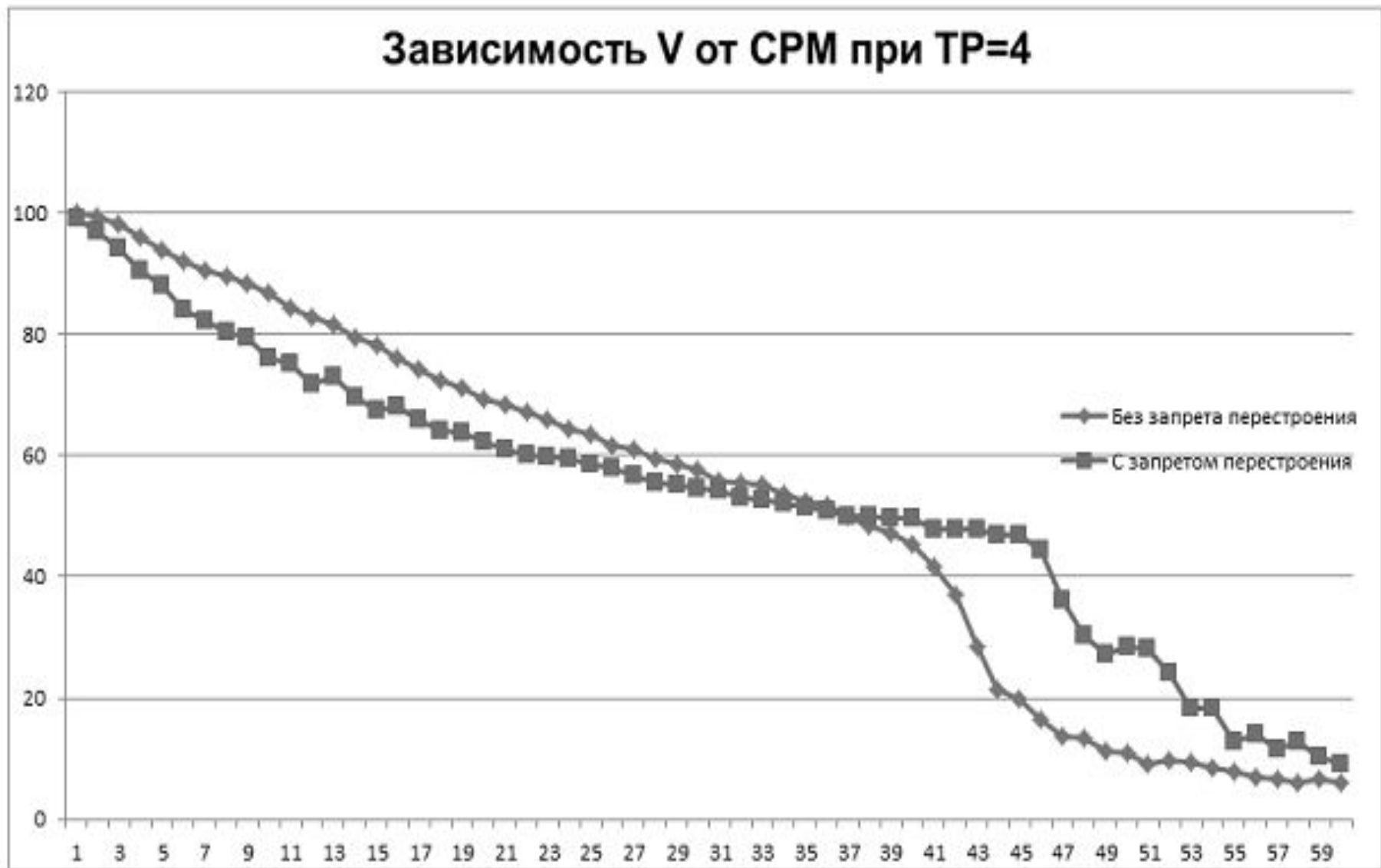
Моделирование движения автотранспорта на перекрестке

- 1. За X метров до светофора происходит перестроение из полосы в полосу по правилам, описанным ранее
- 2. Движение автомобиля по заданной полосе согласно модели Трайбера.
- 3. Дополнительное снижение скорости: если машина собирается поворачивать на перекрестке и находится в пределах 75 метров от поворота, то ее скорость ограничивается $V_{turn} = 40$ км/ч. При достижении точки поворота машина останавливается.
- 4. Учет светофорного режима: машины сбрасывают скорость при приближении к горящему красному сигналу светофора: на расстоянии 50 метров скорость ограничивается 40 км/ч, на расстоянии 30 метров – 10 км/ч.
- 5. Перемещение автомобилей с учётом изменений скорости, возникших на шагах 3,4.
- 6. Поворот. Автомобили, находящиеся на точке поворота и имеющие соответствующую цель, меняют дорогу
- 7. Начинается новый временной шаг

Список обозначений

- V – среднее отношение текущей скорости к желаемой по всему времени и всем АТС
- TR - процент грузовых АТС во входящем потоке
- CRM - интенсивность входящего потока в АТС/мин
- CPT - количество АТС, покидающих перекресток за 1 секунду

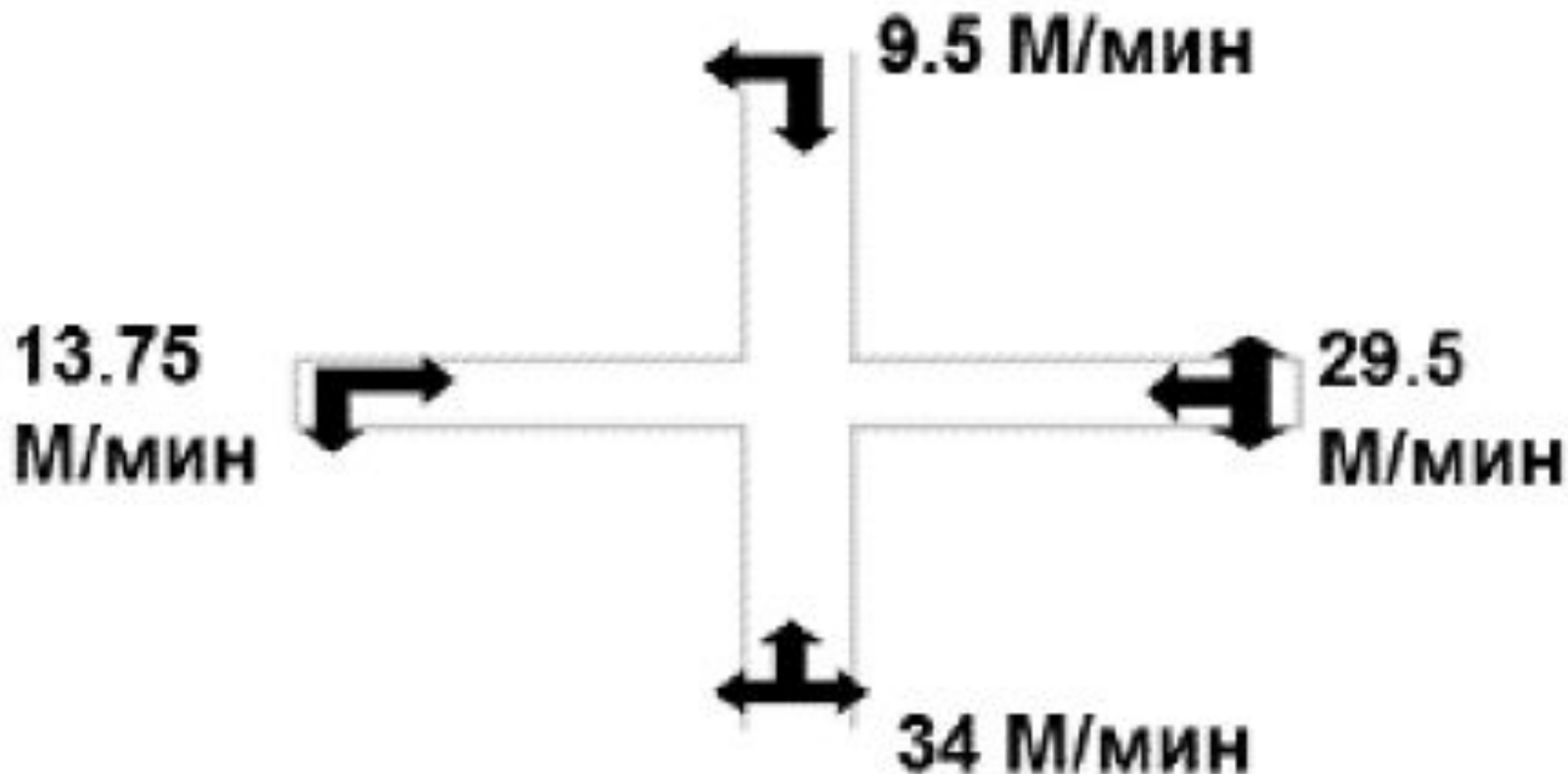
Результаты на многополосных



Анализ влияния количества грузовых АТС на скорость потока.



Транспортные потоки моделируемого перекрестка



Режимы работы светофора моделируемого перекрёстка

Режим 1:



Режим 3:



Режим 2:



Режим 4:



Исследование пропускной способности перекрёстка в зависимости от длительности фаз светофора

- Длина дороги – 2000 метров
- Расстояние принудительного перестроения – 200 метров
- Грузовые АТС – 4% от общего количества
- Сетка расчёта – 30,45,60,75,90 секунд

Результаты моделирования

| Фаза 1, сек | Фаза 2, сек | Фаза 3, сек | Фаза 4, сек | СРТ |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|
| 60 | 30 | 45 | 30 | 0.737 |
| 45 | 30 | 30 | 30 | 0.737 |
| 30 | 75 | 45 | 30 | 0.737 |
| 45 | 60 | 45 | 30 | 0.736 |
| 45 | 45 | 45 | 30 | 0.735 |
| 75 | 30 | 45 | 30 | 0.735 |
| 90 | 60 | 45 | 30 | 0.734 |
| 60 | 30 | 30 | 30 | 0.734 |
| 90 | 75 | 30 | 30 | 0.733 |
| 45 | 30 | 45 | 30 | 0.731 |
| 75 | 30 | 45 | 45 | 0.731 |
| 30 | 45 | 45 | 30 | 0.730 |
| 30 | 30 | 30 | 30 | 0.729 |
| 45 | 75 | 45 | 30 | 0.729 |
| 75 | 60 | 30 | 30 | 0.728 |
| 30 | 30 | 45 | 30 | 0.727 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 45 | 45 | 30 | 90 | 0.585 |
| 30 | 30 | 45 | 90 | 0.584 |
| 30 | 30 | 60 | 90 | 0.584 |
| 45 | 30 | 30 | 90 | 0.566 |
| 30 | 30 | 30 | 90 | 0.560 |

Исследование полученных результатов на устойчивость к колебаниям потоков.

| Фаза 1 | Фаза 2 | Фаза 3 | Фаза 4 | Orig | p2-2 | p3-5 | p3+5 | p4-5 | p4+5 |
|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 30 | 30 | 30 | 30 | 0.729 | 0.755 | 0.724 | 0.740 | 0.740 | 0.733 |
| 30 | 30 | 30 | 75 | 0.594 | 0.591 | 0.597 | 0.589 | 0.588 | 0.584 |
| 30 | 30 | 30 | 90 | 0.560 | 0.565 | 0.562 | 0.563 | 0.568 | 0.562 |
| 30 | 30 | 45 | 30 | 0.727 | 0.740 | 0.732 | 0.721 | 0.720 | 0.720 |
| 30 | 45 | 30 | 30 | 0.716 | 0.721 | 0.724 | 0.724 | 0.734 | 0.735 |
| 30 | 45 | 45 | 30 | 0.730 | 0.738 | 0.736 | 0.736 | 0.734 | 0.728 |
| 30 | 60 | 30 | 90 | 0.587 | 0.588 | 0.588 | 0.588 | 0.594 | 0.580 |
| 45 | 30 | 30 | 30 | 0.737 | 0.727 | 0.732 | 0.731 | 0.734 | 0.731 |
| 45 | 30 | 30 | 90 | 0.566 | 0.576 | 0.577 | 0.569 | 0.575 | 0.568 |
| 45 | 30 | 45 | 30 | 0.731 | 0.734 | 0.735 | 0.734 | 0.728 | 0.725 |
| 45 | 45 | 45 | 30 | 0.735 | 0.728 | 0.731 | 0.716 | 0.728 | 0.717 |
| 45 | 45 | 90 | 90 | 0.629 | 0.639 | 0.624 | 0.629 | 0.629 | 0.631 |
| 90 | 90 | 60 | 60 | 0.700 | 0.690 | 0.700 | 0.695 | 0.694 | 0.688 |

Схема фаз светофора Т-образного перекрёстка

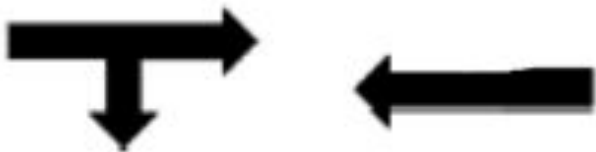
Режим 1:



Режим 3:

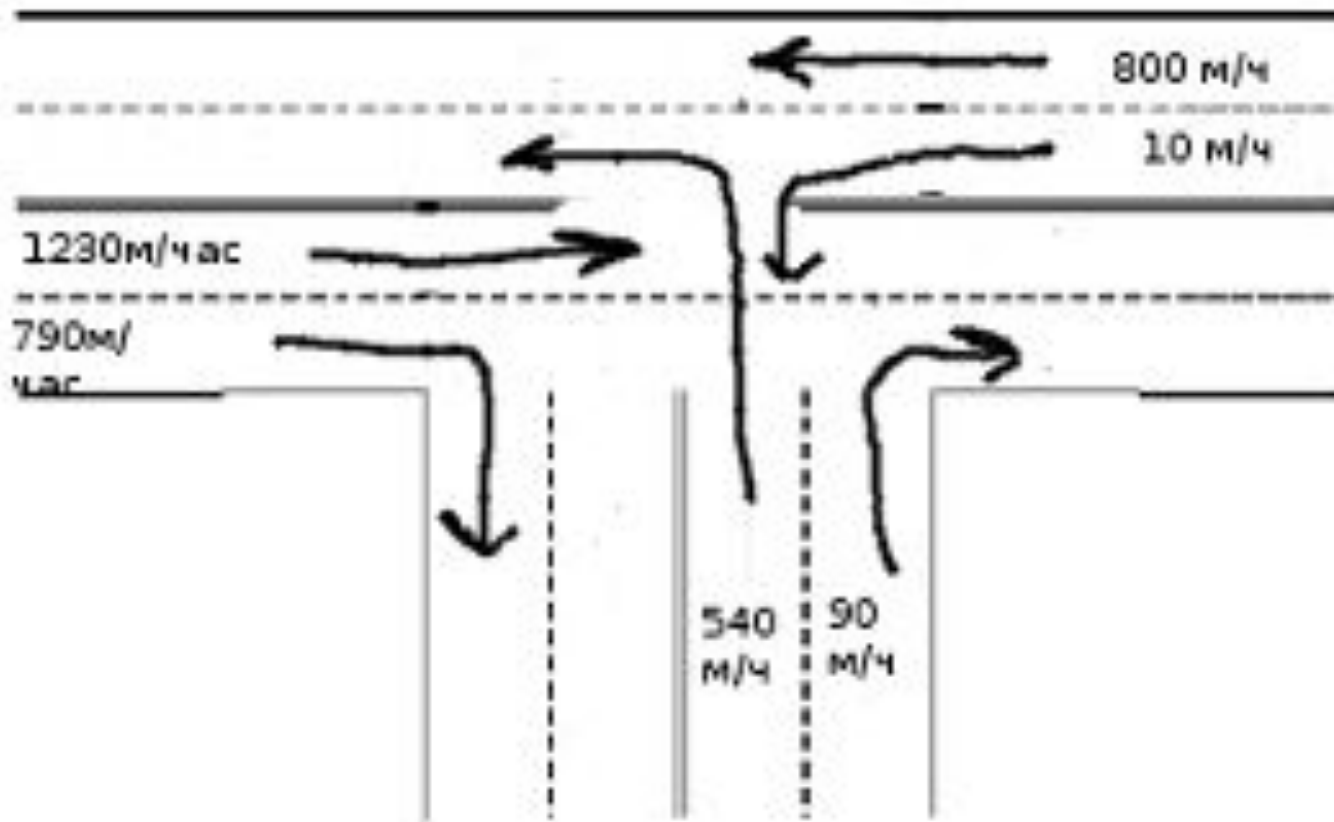


Режим 2:

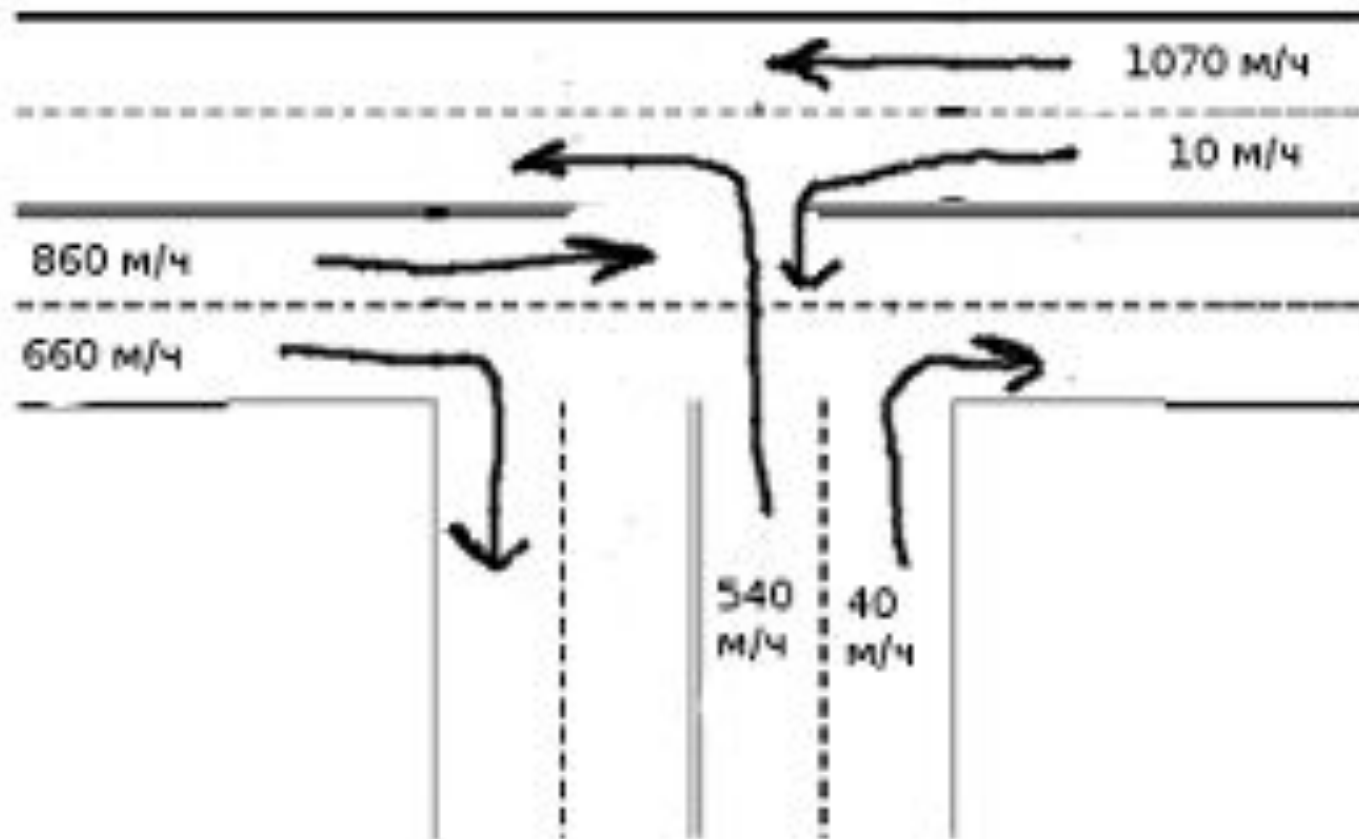


Интенсивность в утренние

часы



Интенсивность в вечерние часы



Результаты моделирования

| Фаза 1, сек | Фаза 2, сек | Фаза 3, сек | СРТ |
|-------------|-------------|-------------|-------|
| 30 | 90 | 30 | 0.725 |
| 45 | 90 | 30 | 0.715 |
| 30 | 75 | 30 | 0.706 |
| 60 | 90 | 30 | 0.702 |
| 30 | 60 | 30 | 0.691 |
| 45 | 75 | 30 | 0.687 |
| 30 | 90 | 45 | 0.684 |
| 45 | 90 | 45 | 0.682 |
| 75 | 90 | 30 | 0.680 |
| 60 | 75 | 30 | 0.669 |
| ... | ... | ... | ... |
| 75 | 30 | 90 | 0.478 |
| 45 | 30 | 90 | 0.477 |
| 90 | 30 | 30 | 0.475 |
| 30 | 30 | 90 | 0.471 |

Пропускная способность перекрёстка, утренние часы.

Результаты моделирования

| Фаза 1, сек | Фаза 2, сек | Фаза 3, сек | СРТ |
|-------------|-------------|-------------|-------|
| 30 | 90 | 30 | 0,775 |
| 30 | 75 | 30 | 0,770 |
| 45 | 90 | 30 | 0,769 |
| 60 | 90 | 30 | 0,758 |
| 30 | 60 | 30 | 0,755 |
| 45 | 75 | 30 | 0,746 |
| 45 | 90 | 45 | 0,740 |
| 30 | 90 | 45 | 0,739 |
| 45 | 60 | 30 | 0,730 |
| 60 | 75 | 30 | 0,730 |
| ... | ... | ... | ... |
| 90 | 30 | 75 | 0,505 |
| 90 | 30 | 60 | 0,504 |
| 90 | 30 | 45 | 0,492 |
| 90 | 30 | 30 | 0,488 |

Пропускная способность перекрёстка, вечерние часы

- Построена модель транспортной системы обобщающая существующую модель “разумного водителя” Трайбера
- Введены добавочные характеристики автомобилей, например, параметр цели, постоянный для каждого автомобиля.
- Просчитано оптимальное управление перекрестком с реальными входящими потоками и рассчитана устойчивость этого оптимального управления при небольших изменениях потоков.
- Решена задача о целесообразности запрета перестроения на многополосных потоках при достижении пороговой интенсивности потока.
- Изучено влияние количества грузовиков на транспортную картину.
- Построена картина фазового перехода при увеличении интенсивности входящего потока.
- Определено качественное и количественное влияние времени фаз светофора на транспортную ситуацию.

Спасибо за внимание!