

**Подсистема автоматизированного проектирования дорожной разметки и знаков  
в составе информационно-аналитического программного комплекса «AUTOROAD»**

А.В. Приступа

Томский государственный университет

E-mail: [pristupa@sibmail.com](mailto:pristupa@sibmail.com)

В статье рассматривается модуль автоматизированного проектирования дорожной разметки и дорожных знаков, входящий в состав ИАПК «AUTOROAD». Выделены типичные ситуации, требующие нанесения определенного вида разметки или установки определенных знаков. Предложен алгоритм универсального нанесения разметки в комплексных ситуациях, требующих принятия решения по нескольким критериям.

*Ключевые слова:* автоматизированное проектирование, организация дорожного движения, дорожная разметка, дорожные знаки

Разработка проектов организации дорожного движения является одной из областей инженерной деятельности, в которой, пожалуй, не существует предела автоматизации. Первым этапом, который необходим для дальнейшей работы, является сбор исходных данных, включающий в себя проезд по автомобильной дороге дорожной лабораторией с GPS-оборудованием на борту. После того, как координаты точек оси дороги записаны, можно построить математическую модель, вычислить радиусы всех поворотов, а также величины продольных уклонов дороги на подъемах и спусках. Эта информация, в свою очередь, определяет будущие проектные решения в части организации дорожного движения. Так, например, на кривых малого радиуса, а также в конце крутых подъемов требуется запрещать обгон, а на крутых спусках запрещать остановку транспортных средств, что требует нанесения определенной разметки [1] и установки дорожных знаков [1, 2]. Кроме того, на этапе сбора данных каждый объект, оказывающий влияние на организацию движения (пересечение с другой дорогой, автобусная остановка, переходно-скоростная полоса и т.п.), фиксируется и заносится в базу данных. Извлекая из базы данных местоположение этих объектов, а также их геометрические характеристики, можно в значительной степени автоматизировать процесс расстановки технических средств организации дорожного движения.

Рассмотрим основные этапы предлагаемой автоматизации. В качестве примера для демонстрации работы алгоритмов рассмотрим реальный участок автомобильной дороги длиной 1 километр. В горизонтальном измерении по оси абсцисс будем откладывать длину дороги, в вертикальном измерении по оси ординат – ширину дороги. Договоримся также считать прямым направлением движение слева направо (на графиках – ниже оси дороги), а движение справа налево условимся считать обратным направлением (выше оси дороги). Ввиду того, что мы рассматриваем участок длиной 1 километр, а ширина автомобильной дороги составляет обычно от 6 до 15-20 метров [3], то при изображении в масштабе 1:1 мы ничего не увидим, поэтому на рисунках вертикальный масштаб намеренно выбран больше горизонтального. Все этапы автоматизации, а точнее ее частные случаи, рассматриваются независимо друг от друга, а в заключительной части статьи приводится описание блока, анализирующего получаемые результаты и комбинирующего их друг с другом.

### Осевая и краевая разметка

Предполагается, что на начальном шаге работы алгоритма о дороге практически ничего не известно. Поэтому по оси проектируется пунктирная разметка 1.5, позволяющая осуществлять практически любые маневры. Аналогичным образом проектируется разметка 1.2.1, обозначающая край проезжей части. В большинстве случаев (если не меняется число полос движения) эти линии разметки на схеме являются горизонтальными прямыми (рис. 1).

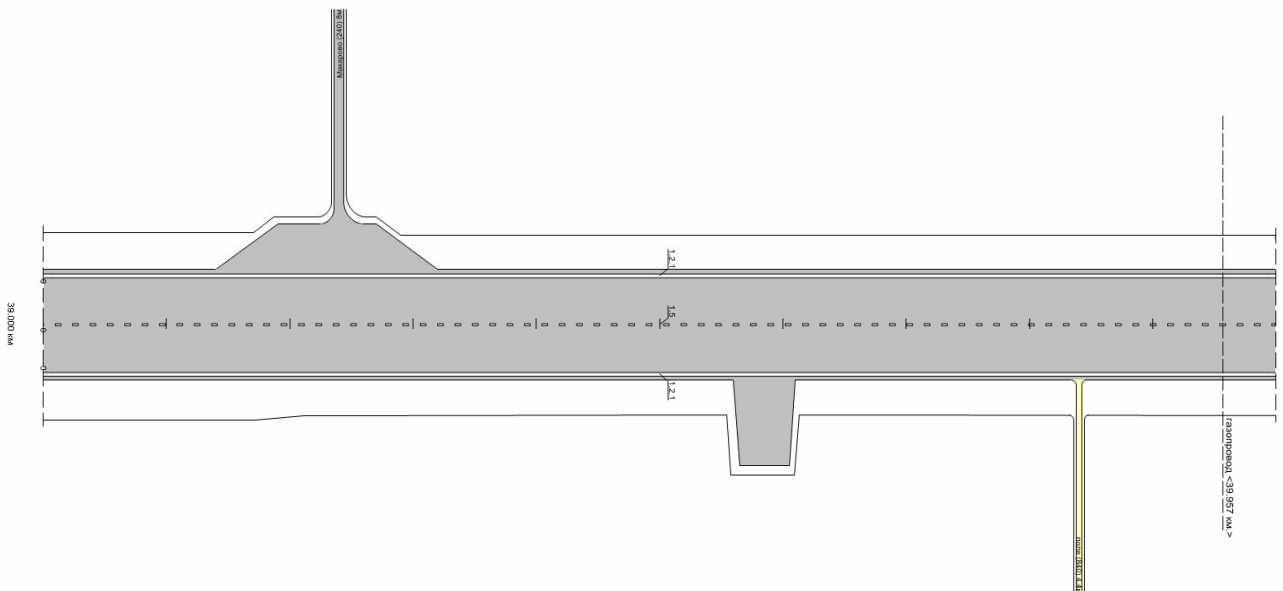


Рис. 1. Осевая и краевая линии разметки

### Локальные уширения проезжей части

Проезжая часть может иметь локальные уширения, предназначенные для торможения перед поворотом на второстепенную дорогу и для разгона при выезде на главную дорогу, для остановки автобусов, для стоянки и остановки автомобилей и т.п. В этих местах необходимо также наносить разметку и в некоторых случаях устанавливать знаки (рис. 2).

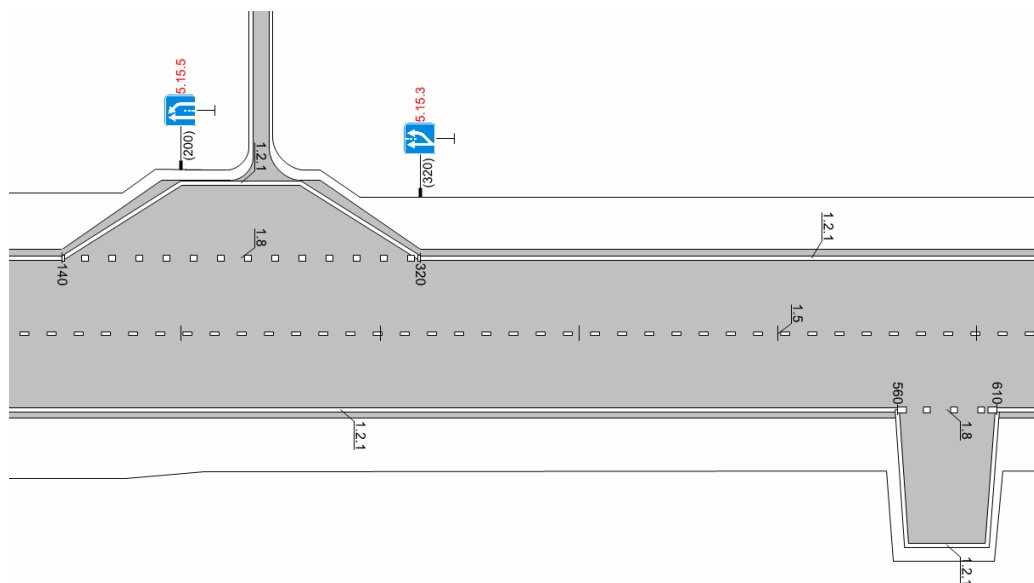


Рис. 2. Обозначение уширений проезжей части

Можно заметить, что разметка 1.8 на уширениях (рис. 2), противоречила ранее созданной на первом этапе краевой разметке 1.2.1 (рис. 1). Для решения подобных ситуаций перед добавлением какой-либо новой разметки алгоритм осуществляет проверку на наличие

в этом месте другой разметки. В том случае, если новая разметка является более сильной по отношению к существующей или безусловно необходимой в данном месте, то вызывается функция разрыва существующей разметки на несколько частей. Если новая разметка лежит целиком внутри существующей (имеется ввиду проекция на ось X), то таких частей будет 3. После этого средняя часть удаляется, и на это место добавляется новая разметка.

#### Участки с ограниченной видимостью автомобильной дороги

Ввиду того, что автомобильная дорога имеет повороты (в плане) и подъемы и спуски (в профиле), некоторые ее участки обладают ограниченной видимостью. Например в местах, где дорога делает поворот, обзору могут мешать лесонасаждения или здания, а на подъемах видимость ограничивают особенности рельефа. Кроме того, расстояние видимости зависит от того, в каком направлении (прямом или обратном) происходит движение. Таким образом, входными данными на этом этапе являются участки дороги в каждом из направлений, на которых ограничена видимость, причем они могут и перекрываться (рис. 3).

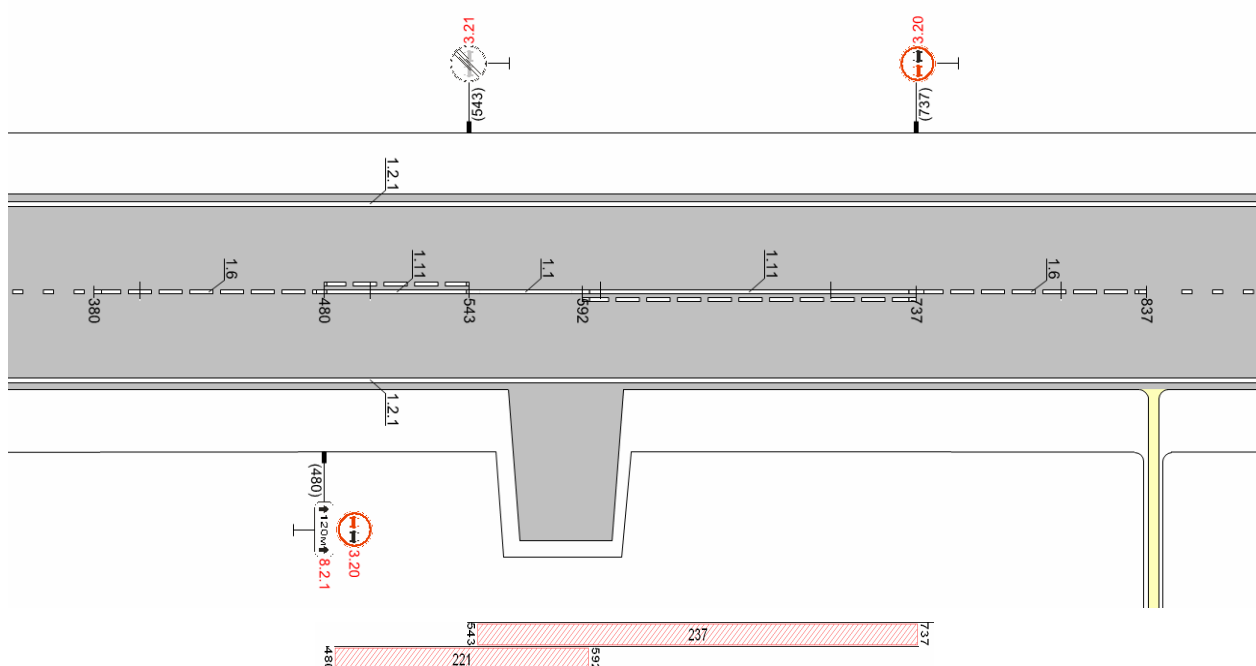


Рис. 3. Авторасстановка разметки и знаков на участках с ограниченной видимостью

Прокомментируем действия алгоритма на данном этапе. На участке дороги 543м.-592м. видимость закрыта в обоих направлениях, следовательно здесь необходимо нанести сплошную линию разметки 1.1, запретив обгон. На участках 480м.-543м. и 592м.-737м. видимость закрыта только в одном направлении, следовательно здесь нужно запретить обгон только в данном направлении, нанеся соответствующую размету 1.11. Исходя из этих же соображений расставляются знаки 3.20 «Обгон запрещен» либо с табличкой 8.2.1 «Зона действия» (если расстояние небольшое, до 200м.), либо вместе со знаком «Конец зоны запрещения обгона» (если расстояние больше 200м.).

#### Опасные повороты

На крутых поворотах обгон следует запрещать, даже если видимость дороги достаточна [1]. Кроме того, необходимо предусмотреть установку предупреждающих знаков «Опасный поворот». К таким поворотам относятся кривые радиусом менее 250 метров и плавностью меньше 5, где плавность  $p$  рассчитывается по формуле  $p = R/(y \times 100)$ . Здесь  $R$  – радиус кривой (м.), а  $y$  – угол поворота (рад.).

Итак, работа алгоритма в данном случае сводится к поиску кривых малого радиуса и расстановке на них соответствующих технических средств организации движения, а именно: сплошной линии разметки 1.1 по оси дороги от начала до конца кривой, знаков 3.20 и 3.21, запрещающего обгон и снимающего это ограничение, а также знаков 1.11.1 и 1.11.2 «Опасный поворот», устанавливаемых за 150-300 метров до начала кривой (рис. 4).

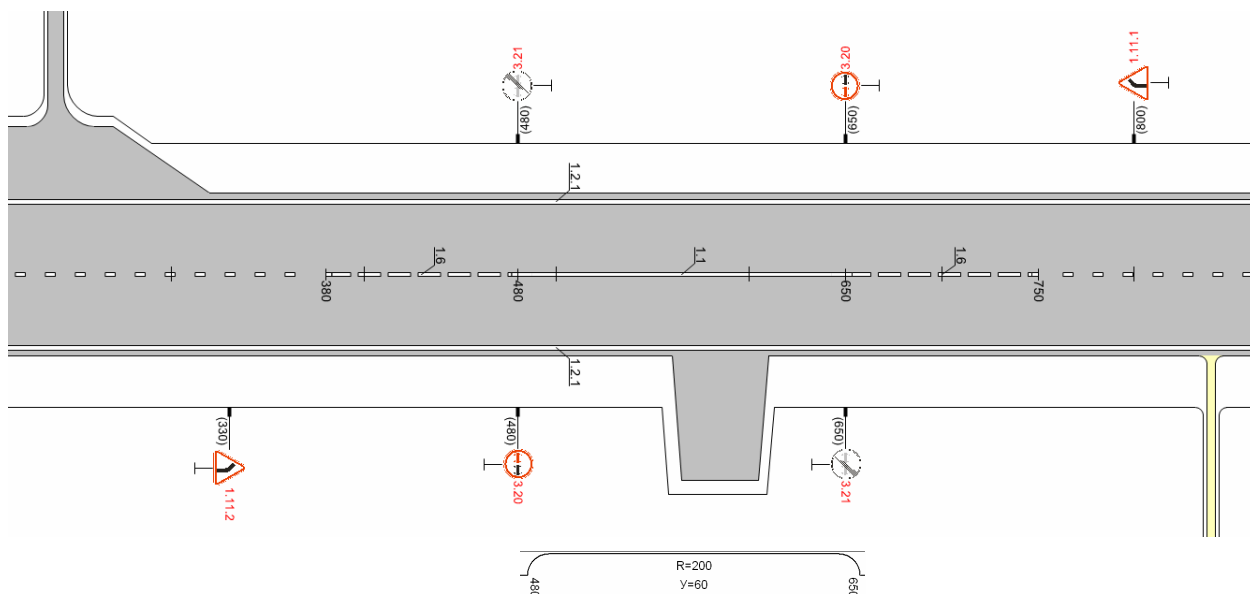


Рис. 4. Автоматическая расстановка разметки и знаков на опасных поворотах  
Крутые спуски, зоны газо- и нефтепроводов

Согласно [1], на крутых спусках во избежание непроизвольного скатывания вниз стоящего транспортного средства, запрещается остановка и стоянка. Такие же ограничения применяются в зоне расположения газо- и нефтепроводов. Рассмотрим действия модуля автоматической расстановки для данных ситуаций (рис. 5).

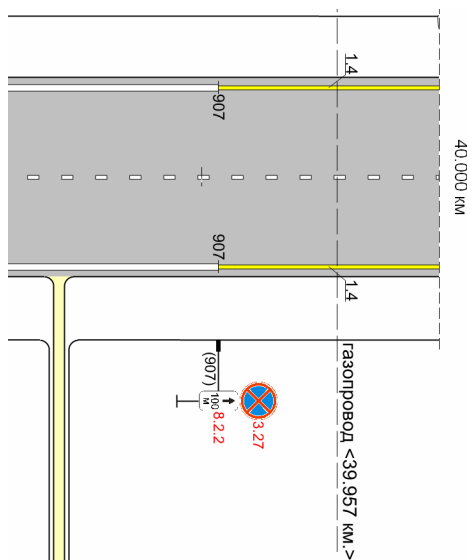


Рис. 5. Запрет остановки и стоянки

В зоне расположения газо- и нефтепроводов за 50 метров наносится краевая разметка 1.4 длиной 100 метров взамен нанесенной на первом шаге разметки 1.2.1. Кроме этого за 50м. устанавливается знак 3.27 с табличкой «Зона действия» с текстом «100м». На крутых спусках логика работы алгоритма та же самая, только при этом длина участка, на котором запрещается остановка и стоянка, зависит от длины рассматриваемого спуска.

## Перекрестки

На организацию движения в пределах перекрестка влияет большое количество факторов: наличие или отсутствие переходно-скоростных полос, наличие или отсутствие автобусной остановки в районе перекрестка и многие другие. Однако базовые принципы расстановки разметки и знаков и в этом случае можно сформулировать и алгоритмизировать. В общем случае необходимо разорвать краевую разметку 1.2.1 и нанести вместо нее разметку, разрешающую въезд и выезд, а также изменить разметку по оси дороги. Что касается знаков, то на второстепенных дорогах автоматически расставляются знаки 2.4 «Уступите дорогу» (а в населенных пунктах еще и знаки 2.1 «Главная дорога»), а на главной дороге – знаки приоритета 2.3.1–2.3.7 «Примыкание второстепенной дороги». Наличие переходно-скоростной полосы накладывает дополнительные требования [1] (рис. 6).

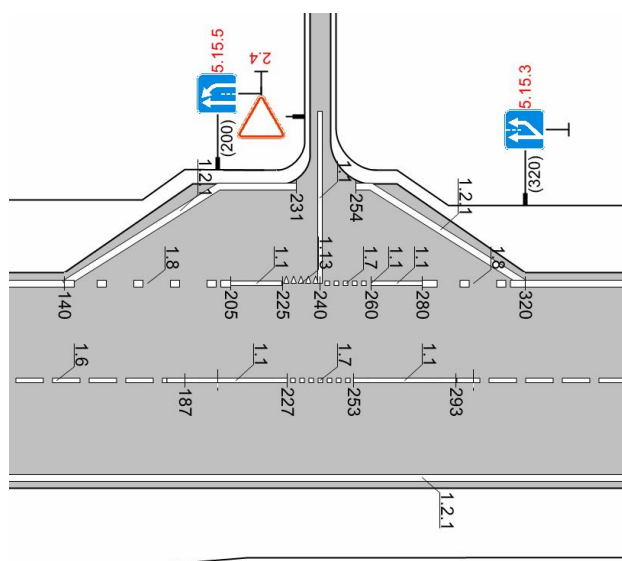


Рис. 6. Автоматическая расстановка разметки и знаков в пределах перекрестка

## Объединение результатов

Рассмотренные выше ситуации, требующие расстановки технических средств организации дорожного движения, предполагали использование отдельных функций для каждого случая. Однако очевидно, что работая по отдельности, результаты, которые они выдают, могут существенно противоречить друг другу. Поэтому заключительной фазой автоматизации является анализ полученных результатов по двум критериям:

- на предмет противоречий разметки,
- на предмет неудачной расстановки знаков;

Формально модуль автоматизации перед записью в базу данных сформированных элементов (разметки и знаков) проверяет дорожную разметку на правильную стыковку друг с другом, отсутствие слишком коротких участков (так, например, ни к чему разрешать обгон на участке длиной 10 метров, если и слева и справа от этого участка он запрещен). Что касается дорожных знаков, то может получиться так, что они будут автоматически расставлены слишком близко друг к другу, хотя и допускается размещать несколько знаков на одной стойке [1, 2]. Поэтому в программном комплексе «AUTOROAD» решается также задача оптимизации размещения дорожных знаков в рамках допустимых ограничений на их перемещение. На рис. 7 приведен пример такой ситуации (на 650м. расположены знаки 3.21 и 2.3.2 на одной стойке).

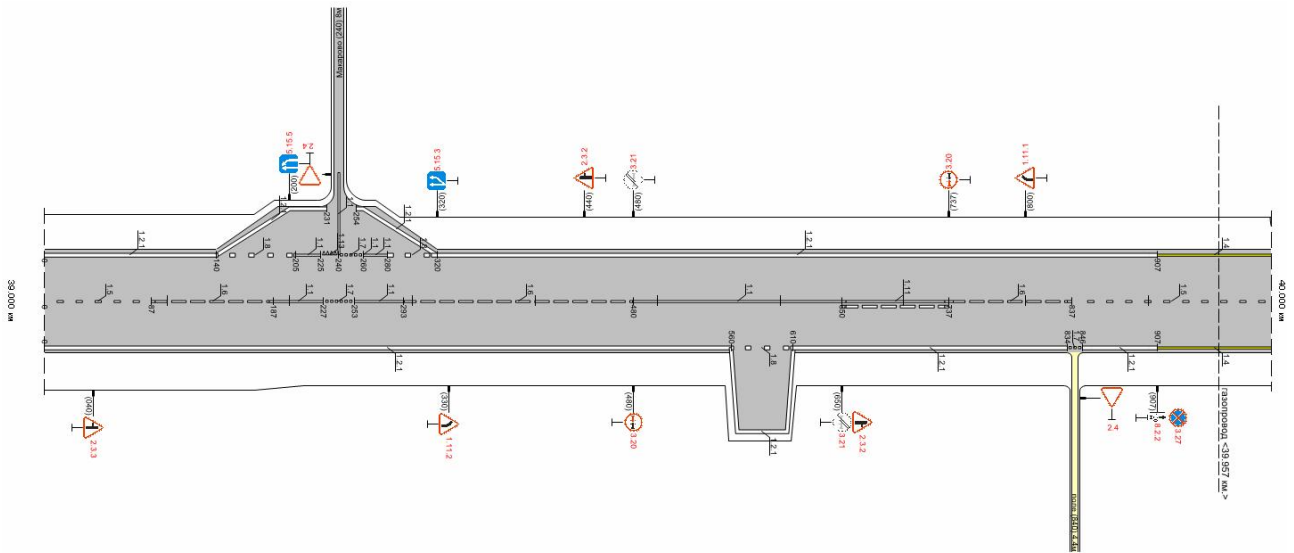


Рис. 7. Результат автоматической расстановки по всем критериям

Как видно из рис. 7, в целом модуль автоматизированного проектирования дорожной разметки и знаков со своей задачей справляется довольно хорошо и в типичных часто встречающихся ситуациях может существенно облегчить труд инженера-проектировщика.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 52289-2004 Технические средства организации движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств.
2. ГОСТ Р 52290-2004 Знаки дорожные. Общие технические условия.
3. СНиП 2.05.02-85 Строительные нормы и правила. Автомобильные дороги.