

Адресный план автомобильной дороги

Скворцов А.В., д.т.н., генеральный директор ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

1. Введение

Положение объектов на автомобильной дороге традиционно определяется с помощью линейной (километражной, пикетажной) системы координат. Нормативная документация как правило требует указания положения дорожных объектов в виде расстояния от начала проектируемого участка дороги или от предыдущего километрового столба. Это касается выходных ведомостей в материалах проектирования, проектирования организации дорожного движения, паспортизации, диагностики автомобильных дорог и искусственных сооружений.

На прямых участках дороги вопрос определения положения объектов на дороге обычно не вызывает затруднений. Однако на дорогах с разделительной полосой, с несколькими проезжими частями, на развязках, пересечениях в одном или нескольких уровнях, на участках с малыми радиусами поворота могут возникать неоднозначности как в определении линейного (километражного, пикетажного) положения объекта относительно указанного участка дороги, так и вообще в отнесении отдельных объектов к тому или иному участку (рис. 1, 2).

В некоторых задачах это несущественно, например при учёте имущества или формировании заданий на содержание. Однако если речь идёт о безопасности дорожного движения, то вопрос точности становится более серьёзным. Например, при проектировании организации

дорожного движения на линейном графике указывается положение дорожной разметки относительно оси автомобильной дороги, наносится она по одометру разметочной машины относительно оси наносимой разметки, а при оформлении ДТП измерения проводятся вдоль края проезжей части. В трагических случаях это выходит в юридическую плоскость, где неоднозначные случаи могут трактоваться в пользу водителей и против дорожников.

К сожалению, вопрос точного определения линейной системы координат в настоящее время регулируется недостаточно точно, а в практической деятельности дорожников нет консенсуса в этом вопросе. Особенно заметны различия в материалах проектирования новых и паспортизации существующих дорог. Наиболее близко к решению поставленной задачи подходит ОДМ 218.3.005-2010 «Методические рекомендации по измерению протяжённости автомобильных дорог», в котором указывается, что «цель определения протяжённости автомобильных дорог состоит в определении соответствия длины автомобильной дороги и линейных сооружений на ней, а также в оценке соответствия расположения в продольном направлении элементов дорожного обустройства и объектов обслуживания установленным техническим (паспортным) данным». Основными задачами определения протяжённости автомобильных дорог в данном ОДМ определяются «получение информации

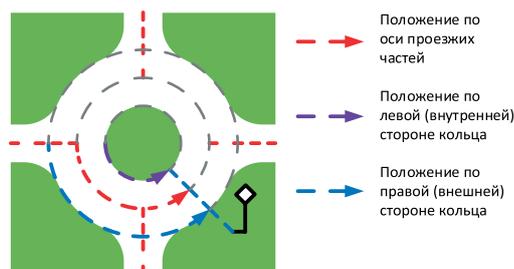


Рис. 1. Неоднозначность определения линейного положения дорожного знака на кольцевой развязке

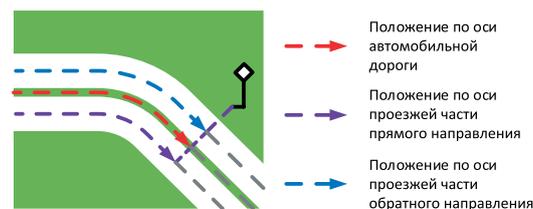


Рис. 2. Неоднозначность определения линейного положения дорожного знака на участке дороги с разделительной полосой и малым радиусом поворота

о протяжённости дорог и их отдельных участков, в том числе о расстоянии между километровыми знаками» и «определение мест дислокации дорожных знаков, дорожных ограждений, других объектов дорожного обустройства и объектов обслуживания». Однако данный ОДМ ограничивается только определением протяжённости автомобильных дорог как «расстояние между начальной и конечной точками дороги, определённое как полусумма длин пространственных траекторий движения автомобиля в прямом и обратном направлениях». Где находить начальную и конечную точки дороги, в ОДМ 218.3.005-2010 не уточняется.

Как пример неоднозначности километровой отметки можно привести ведомости объектов на дороге. Там указывается километровое положение относительно главного направления дороги. Однако в одном поперечном сечении дороги может оказаться несколько однотипных объектов, например несколько водопропускных труб на многоуровневой развязке. В ведомостях они неразличимы.

Другой важный вопрос связан с именованием самих автомобильных дорог. Традиционно в нашей стране все дороги, как объекты управления, именуется «автомобильными дорогами» или «титулами». Каждая автомобильная дорога имеет идентификационный номер, а в своём именовании может иметь номер, название и маршрут, (таблица 1).

Однако в пределах одного титула может быть несколько участков с одинаковой километровой отметкой. Для именовании таких участков в дорожном хозяйстве нет устоявшегося термина. Это может быть «обход» («Северный обход г. Н-ска»), «объезд» («Северный объезд г. Н-ска»), «подъезд» (подъезд к г. Томску), «подъездная дорога», «направление» («альтернативное направление»), «участок» (участок Северного обхода г. Н-ска), «кольцо», «полукольцо».

В Федеральном законе № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации...» в списке определенных присутствует только термин «автомобильная дорога»; определений большей детализации дорог, к сожалению, нет. Исключением является понятие «участок дороги», которое используется для обозначения фрагментов автомобильной

дороги, имеющих самые разные характеристики, разный режим движения или иное.

В настоящее время в связи с повсеместным применением вычислительной техники вопрос идентификации (адресации) объектов на дороге и соответствующих участков дорог становится особенно актуальным. Для этого необходимо дать ответы на следующие вопросы:

■ Как единообразно именовать различные участки одной автомобильной дороги, имеющие разный километраж? Следует ли систему именования участков дороги сделать понятной только дорожникам или унифицировать с общей системой навигации по дорогам в нашей стране?

■ В каких случаях следует использовать километровую привязку объектов на местности, а когда — точную координатную?

■ Вдоль каких линий следует исчислять километраж на автомобильных дорогах? Как измерять длины автомобильных дорог и их участков? Какую длину дороги или её участка следует указывать на дорожных знаках маршрутного ориентирования?

■ Как определять положение объектов на транспортных развязках?

■ Как определять начало исчисления километража на автомобильных дорогах, её участках и элементах транспортных развязок?

■ Каким образом записывать адрес объекта на автомобильной дороге?

Поставленные вопросы достаточно сложны и вряд ли их можно решить в рамках одной статьи. Тем не менее в настоящей работе предлагается ввести в дорожной отрасли новый набор понятий, позволяющих приблизиться к ответам на поставленные вопросы.

2. Именование автомобильных дорог и их участков

Вначале процитируем определение «автомобильной дороги» из ФЗ-257.

Определение (из Федерального закона № 257-ФЗ). **Автомобильная дорога** — объект транспортной инфраструктуры, предназначенный для движения транспортных средств и включающий в себя земельные участки в границах полосы отвода автомобильной дороги и расположенные на них или под ними конструктивные элементы (дорожное полотно, дорожное покрытие и подоб-

Таблица 1. Пример обозначений автомобильных дорог

Идентификационный номер	Учётный номер и наименование	Маршрут
00 ОП ФЗ М-1 (Е30, АН6, СНГ)	М-1 «Беларусь»	Москва – граница с Республикой Беларусь
00 ОП ФЗ М-4 (Е50, Е97, Е115, Е592, СНГ)	М-4 «Дон»	Москва – Воронеж – Ростов-на-Дону – Краснодар – Новороссийск
00 ОП ФЗ Р-351 (Е22, СНГ)	Р-351	Екатеринбург – Тюмень
69 ОП РЗ А-1	—	Томск – Аэропорт

ные элементы) и дорожные сооружения, являющиеся её технологической частью, — защитные дорожные сооружения, искусственные дорожные сооружения, производственные объекты, элементы обустройства автомобильных дорог.

Далее введём несколько новых определений и дадим комментарии к ним.

2.1. Направления автомобильной дороги

Определение. Направление автомобильной дороги — участок автомобильной дороги между двумя крупными транспортными узлами, населёнными пунктами, объектами или пересечениями дорог и только с одним вариантом проезда в прямом и обратном направлении.

Определение. Основное направление автомобильной дороги — одно из направлений автомобильной дороги, как правило, выполняющее наибольшую транспортную работу.

Отметим, что во многих случаях автомобильные дороги имеют только одно направление (оно же основное). Поэтому в информационных системах, в проектной и эксплуатационной документации по дороге, упоминая такую автомобильную дорогу, мы тем самым подразумеваем и её единственное (основное) направление.

Определение. Альтернативное направление автомобильной дороги — одно из направлений автомобильной дороги с платными участками, по которому осуществляется альтернативный бесплатный проезд.

Данные термины (основное и альтернативное направления) естественным образом возникли

в практической деятельности Государственной компании «Автодор», строящей и эксплуатирующей платные автомобильные дороги.

2.2. Перегон автомобильной дороги

Определение. Перегон автомобильной дороги — часть направления автомобильной дороги между двумя крупными транспортными узлами, населёнными пунктами или объектами, на которой транзитный транспортный поток имеет неменяющийся состав и интенсивность.

Ключевым в определении перегона является требование неизменности транспортного потока только в отношении только транзитного транспорта, что разрешает наличие крупных местных (распределительных) транспортных потоков на перегонах. Иными словами, транзитный транспортный поток в начале и в конце перегона должен быть достаточно одинаков, а в середине перегона не должно быть крупных пересечений с другими автомобильными дорогами.

Несмотря на то что иногда на коротких участках автомобильной дороги транзитный транспортный поток может сильно меняться (из-за близкого расположения крупных транспортных развязок), по возможности не следует выбирать в качестве перегона слишком короткие участки.

С точки зрения пользователей автомобильной дороги перегон является важнейшей единицей перемещения по *магистральной* автомобильной дороге. Знаки маршрутного ориентирования на дороге (указатели расстояний и направлений) должны отражать расстояния до конца очередного перегона и ориентировать по направле-



Рис. 3. Фрагмент атласа автомобильных дорог: неявно расстояниями отмечены автомобильные дороги и отдельные их направления



Рис. 4. Фрагмент атласа автомобильных дорог Новосибирской области: неявно расстояниями отмечены перегоны автомобильных дорог



Рис. 5. Фрагмент атласа автомобильных дорог Новосибирской области: неявно расстояниями отмечены перегоны (крупные красные числа) и сегменты (мелкие красные числа) дорог

ям движения по следующим перегонам. Именно в таком смысле зачастую формируются атласы автомобильных дорог, в которых отмечают перегоны (хотя и не называя их таковыми) и подписывают их длину.

С точки зрения удобства ориентирования на дороге (и в атласах в масштабах порядка 1:1 000 000) перегоны на магистральных дорогах следует создавать длиной около 30–100 км, вблизи крупных населённых пунктов — от 10 км, а на малонаселённых территориях — до 200 км.

Определение. Сегмент автомобильной дороги — часть перегона автомобильной дороги, на которой транспортный поток имеет неизменный состав и интенсивность, и принадлежащая одному собственнику.

С точки зрения навигационных систем сегмент автомобильной дороги является по сути ребром графа сети автомобильных дорог.

С точки зрения удобства ориентирования на дороге (и в атласах в масштабах крупнее 1:100 000) сегменты на магистральных дорогах следует создавать длиной около 5–20 км, вблизи крупных населённых пунктов — от 2 км, а на малонаселённых территориях — до 50 км.

Таким образом, мы сформировали иерархическую структуру автомобильной дороги: автомобильная дорога (титул) – направление – перегон – сегмент.

Надо отметить, что во многом схожий подход уже давно используется при составлении атласов автомобильных дорог (рис. 3–5). В зависимости от уровней детализации и масштабов используемых в атласах карт обычно в неявном виде присутствует деление дорог на участки между значимыми объектами на местности. В качестве «направлений» в атласах обычно принимаются дороги между крупными городами и пересечениями крупных дорог (сотни километров длиной), в качестве «перегонов» — участки между населёнными пунктами и существенными разветвлениями (десятки километров), а в качестве «сегментов» — участки между разветвлениями и объектами (единицы километров).

Используемая в атласах неявная иерархия дорог очень понятна рядовому водителю, однако она обычно не соответствует формальной имущественно-правовой принадлежности автомобильных дорог и их участков. Произвольно выбранное в атласе деление на направления и перегоны приводит к появлению множества перегонов, в действительности состоящих из участков дорог с различными собственниками. Например, федеральные автомобильные дороги, проходящие по центрам крупных городов как правило имеют в городах разрыв титула. В связи с этим возникает ощущение противоречивости (внутренней и по отношению к существующему законодательству) введённых нами определений. Если сегменты могут принадлежать разным собственникам, то отдельные перегоны, направле-

ния и сами автомобильные дороги могут состоять из участков разных собственников! Отчасти это противоречие уже заложено в существующих подзаконных актах, утверждающих списки автомобильных дорог федерального, регионального или муниципального значения, в которых идентификационным номерам дорог всегда сопоставляется маршрут движения. Например, при этом с точки зрения водителей маршрут движения (и способ измерения его длины) по дороге М-10 «Москва – Санкт-Петербург» начинается с нулевого километра в Москве у Центрального телеграфа (это историческое место; хотя с 1995 г. знак нулевого километра дорог РФ находится перед Воскресенскими воротами между Красной и Манежной площадями) и заканчивается на главпочтамте Санкт-Петербурга.

3. Измерение положения объекта на участке автомобильной дороги

В настоящее время для определения километражного положения объектов на дороге в практике проектирования, при паспортизации, дислокации и в навигационных системах используются различные подходы. Проектирование строительства, реконструкции или капитального ремонта ведётся на основе проектных осей, относительно которых выдаются ведомости объектов инженерного обустройства. Проектные оси при этом не образуют никакого связанного графа, более того, они могут вообще не пересекаться (рис. 6). В то же время навигационные системы, системы моделирования транспортных потоков и широко создаваемые в последнее время геоинформационные системы (ГИС) автомобильных дорог используют в своей работе связанный граф сети автомобильных дорог (рис. 7). В результате попытка решить одним махом две задачи — построение топологии сети автомобильных дорог

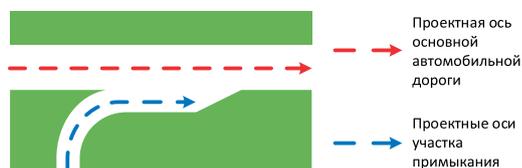


Рис. 6. Проектные оси участков автомобильной дороги

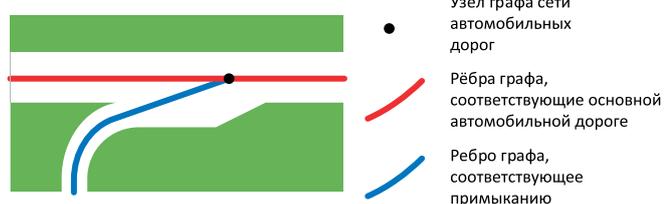


Рис. 7. Фрагмент сети автомобильной дороги в виде графа

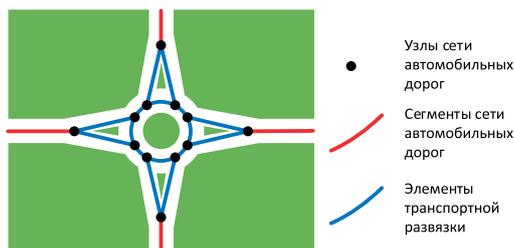


Рис. 8. Пример графа транспортной развязки

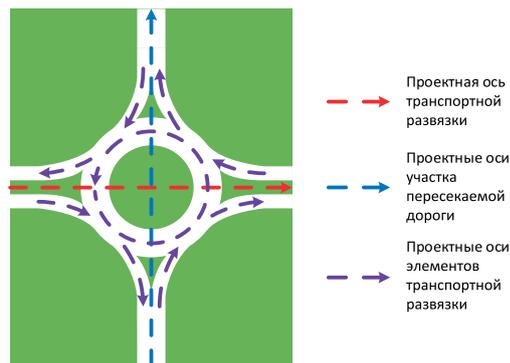


Рис. 9. Пример проектных осей транспортной развязки типа «кольцо»

и построение на её основе системы километражной привязки на непрямолинейных участках дорог — даёт километражные отметки, отличающиеся от проектных. В мелких масштабах это различие несущественно и допустимо для навигационных систем и систем макро моделирования транспортных потоков, однако для проектной документации, исполняемой в масштабах топографических планов не мельче 1:2000, ошибка может быть существенной.

Другой аспект нестыковки проектных и графовых моделей данных связан с применением информационных технологий. В последние годы активно развивается концепция управления автомобильными дорогами в течение всего жизненного цикла (PLM – Product Lifecycle Management). Важным элементом поддержки концепции PLM является совместимость различных сведений о дороге, в частности моделей дороги на этапе проектирования (в САПР автомобильных дорог) и на этапе эксплуатации (в ГИС автомобильных дорог). Сейчас такой совместимости фактически нет!

Именно поэтому при создании ГИС автомобильных дорог в данной статье предлагается отказаться от широко используемой на практике технологии Linear Referencing, в которой для определения линейного положения объекта используется так называемая «мера», приписываемая вершинам и промежуточным точкам рёбер геометрического графа. Предлагается в явном виде хранить как геометрический граф без «меры», так и набор проектных осей, относительно которых следует вычислять километраж. Для каждого ребра графа необходимо хранить ссылку на одну проектную ось.

На первый взгляд кажется, что отдельное хранение в базе данных как рёбер графа, так и проектных осей, усложняет процесс и увеличивает объём вводимых в информационную систему данных. Однако это не совсем так. Дело в том, что непрерывную (и почти везде гладкую в математическом смысле) проектную ось достаточно легко восстановить классическими способами (тангенциальным ходом, сплайном или построениями сопряжений к простым геометрическим фигурам). Если же имеется проектная документация, то затруднений вообще никаких нет. В тоже время классический Linear Referencing потребовал бы вычисления «меры» для точек рёбер геометрического графа. Это тривиальная процедура только для прямолинейного участка. На участках с малыми радиусами из-за дискретности представления рёбер значения «меры» должны вычисляться с учётом реальной кривизны дороги, что крайне сложно и на практике никем не делается.

Ещё одно достоинство подхода с отдельным представлением сведений о топологии и проектных осях лежит в организации процесса ввода данных. Выпускники дорожных вузов имеют представление о том, как проектируется дорога, что такое «ось автомобильной дороги» и легко распознают эти оси как в натуре на местности, так и аэрофотосъёмке. В тоже время вопрос геометрического выбора ребра графа вызывает большие сложности, т.к. они понимают, что по этим же рёбрам будут проходить линейные измерения.

К настоящему времени наша компания «ИндорСофт» имеет достаточно большой опыт создания ГИС автомо-

бильных дорог. Именно поэтому в новой версии ГИС автомобильных дорог IndorRoad была введена поддержка проектных осей, что в действительности позволило упростить процесс ввода данных и несколько его ускорить. Особенно упростилась ситуация с вводом данных на транспортных развязках. На рис. 8–9 приведены примеры двойного описания транспортной развязки как в виде графа, так и в виде проектных осей, соответствующих его рёбрам. Заметим, что рёбер, соответствующих кольцевому движению, целых 8, а проектная ось — только одна.

4. Определения начало исчисления километража

В соответствии с федеральным законом № 257-ФЗ, статья 9, «Протяжённость автомобильной дороги в границах населенного пункта исчисляется от начальной точки до конечной точки автомобильной дороги по её центральной оси». Для определения геометрии центральной оси следует применять ОДМ 218.3.005-2010 «Методические рекомендации по измерению протяжённости автомобильных дорог». Определение же начальной точки дороги не всегда очевидно. Дело в том, что № 257-ФЗ рекомендует «за условную начальную точку ... отсчёта протяжённости автомобильной дороги ... принимать» помимо знаков нулевого километра и особых городских зданий границы объектов использовать «пересечение автомобильных дорог». В действительности, из-за того, что знак нулевого километра не всегда можно поставить на условную начальную точку (на развязке, на мосту, из-за особенностей рельефа), необходимо в каком-то документе чётко описать, откуда исчис-

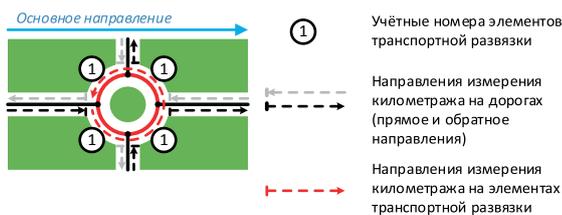


Рис. 10. Пример схемы нумерации элементов и направления исчисления километража на транспортной развязке типа «кольцо»

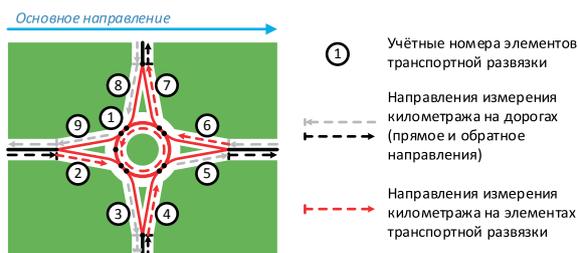


Рис. 11. Пример схемы нумерации элементов и направления исчисления километража на транспортной развязке типа «кольцо» с однопутными съездами

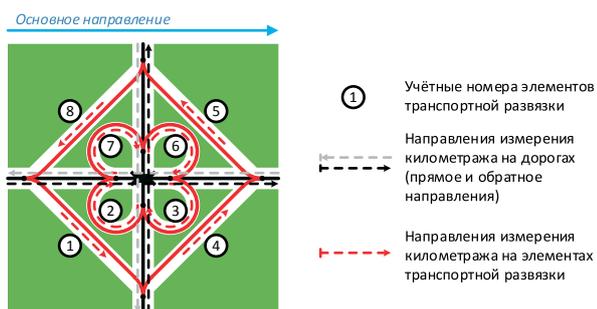


Рис. 12. Пример схемы нумерации элементов и направления исчисления километража на транспортной развязке типа «клеверный лист» с восемью однопутными съездами

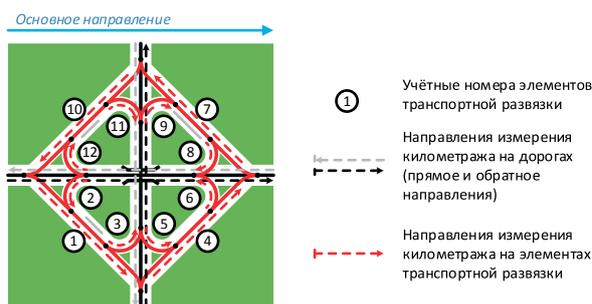


Рис. 13. Пример схемы нумерации элементов и направления исчисления километража на транспортной развязке типа «клеверный лист» с однопутно-двупутными съездами



Рис. 14. Пример схемы нумерации элементов и направления исчисления километража на транспортной развязке типа «труба»

ляется протяжённость, и дать соответствующие ориентиры на местности.

5. Адресация на элементах транспортных развязок

В силу того, что в одном сечении главного направления автомобильной дороги на развязках может находиться несколько однотипных объектов, необходимо дополнительно указывать к какому элементу (рампе, съезду, въезду, тоннелю, эстакаде) относится искомый объект. В настоящее время некоторые организации в паспортах

автомобильных дорог создают схемы транспортных развязок, на которых дают внутреннюю нумерацию её элементов. Для того чтобы материалы разнородных работ по проектированию, паспортизации дорог и оценке технического состояния искусственных сооружений можно было сопоставлять друг с другом и использовать в течение всего жизненного цикла дороги, необходимо, чтобы такие схемы развязок были утверждены раз и навсегда.

Для этого в компании «ИндорСофт» были разработаны соответствующие

правила нумерации элементов транспортных развязок. Соответствующие номера элементов предложено именовать «учётными номерами элементов транспортной развязки». В соответствии с этими правилами Учётные номера элементов транспортной развязки должны быть целыми числами, последовательно назначаемыми, начиная с единицы, в соответствии со следующим порядком:

- Самые маленькие номера назначаются элементам кольцевых транспортных развязок в порядке их обхода против часовой стрелки относительно

центра кольца, начиная с первого элемента в прямом направлении движения по основной автомобильной дороге (т.е. к которой транспортная развязка относится как часть имущественного комплекса).

■ Затем последовательно назначаются номера всем остальным элементам, имеющим начало или конец справа от центральной оси основной автомобильной дороги в порядке возрастания её проектного километража. Меньшие номера получают элементы, имеющие относительно основной автомобильной дороги участки с меньшим проектным километражем. Если элементы имеют одинаковые наименьшие значения проектного километража, то меньший учётный номер назначается элементу, имеющему части центральной оси сегмента, находящиеся левее других относительно центральной оси основной автомобильной дороги. Если элементы имеют одинаковые наименьшие значения проектного километража и одинаково смещены влево относительно центральной оси элемента, то меньший учётный номер назначается элементу, расположенному ниже остальных.

■ В заключение последовательно назначаются номера всем остальным элементам, имеющим начало или конец слева от центральной оси основной автомобильной дороги в порядке возрастания её проектного километража. Меньшие номера получают элементы, имеющие относительно основной автомобильной дороги участки с большим проектным километражем. Если элементы имеют одинаковые наибольшие значения проектного километража, то меньший учётный номер назначается элементу, имеющему части центральной оси элемента, находящиеся правее других относительно центральной оси основной автомобильной дороги. Если элементы имеют одинаковые наибольшие значения проектного километража и одинаково смещены вправо относительно центральной оси элемента, то меньший учётный номер назначается элементу, расположенному ниже остальных.

Допускается назначение одинаковых учётных номеров элементов в транспортной развязке, если эти элементы образуют связанный граф с рёбрами, использующими единую проектную ось. В частности, элементам, соответствующим кольцевым проезжим частям, по возможности следует назначать единый учётный номер.

Допускается назначение учётных номеров элементов в транспортной развязке с пропусками в нумерации с учётом перспективы её дальнейшей реконструкции.

Примеры нумерации элементов транспортных развязок даны на рис. 10–14.

5. Адресный план

Совокупность всех правил дорожной адресации, применяемых на заданной автомобильной дороге, предлагается называть «адресным пла-

ном автомобильной дороги». Фактически адресный план должен состоять из:

- схемы деления автомобильной дороги на направления и перегоны;
- адресных планов монотонных участков автомобильной дороги (без развязок);
- адресных планов транспортных развязок.

В свою очередь, адресный план монотонного участка автомобильной дороги должен включать в себя:

- геометрию центральной проектной оси автомобильной дороги;
- геометрию проектных осей отдельных проезжих частей автомобильной дороги (в случаях затруднений с использованием центральной проектной оси);
- схемы закрепления на местности точек начала и конца исчисления километража проектных осей, а также возможных дополнительных точек в середине проектных осей дороги.

Адресный же план транспортной развязки автомобильной дороги должен включать в себя:

- схемы нумерации элементов развязки и направлений исчисления километража;
- геометрии проектных осей элементов развязки;
- схемы закрепления на местности точек начала и конца исчисления километража проектных осей элементов развязки.

6. Заключение

Предложенные в статье понятия «направления» и «перегона» автомобильной дороги, «адресного плана», «проектных осей», «схемы нумерации элементов транспортных развязок» прошли апробацию в рамках ряда выполняемых компанией «ИндорСофт» проектов по созданию ГИС автомобильных дорог. Терминология вошла в соответствующий стандарт организации «ИндорСофт». На его основе в настоящее время ведутся работы по нормативно-техническому закреплению терминологии на уровне ГОСТа.

Концепция «адресного плана» является одним из важнейших шагов на пути упорядочивания большого разнообразия дорожных данных в рамках многочисленных информационных систем, используемых дорожниками, и должно послужить более полному использованию данных в течение всего жизненного цикла автомобильной дороги. ■