

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВИДИМОСТИ С ПОМОЩЬЮ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ

В последние годы вопрос безопасности дорожного движения в России становится все более актуальным в связи со стремительным ростом интенсивности транспортных потоков как на загородных дорогах, так и на улично-дорожной сети городов. Одним из важнейших условий безопасности дорожного движения является достаточное расстояние видимости для водителя на автомобильной дороге. Критерий обеспеченной видимости является ключевым транспортно-эксплуатационным показателем автомобильной дороги.

Оценка расстояния видимости должна выполняться на различных этапах жизненного цикла дорог (при проектировании нового строительства или реконструкции, а также при эксплуатации). Особое внимание здесь должно уделяться местам с выпуклыми кривыми в продольном профиле, на кривых малых радиусов в плане и примыканиям.

В настоящее время действующие в отрасли методики оценки видимости в плане и профиле, предельные значения показателей, а также рекомендации по обеспечению безопасности дорожного движения содержатся в следующих нормативных документах: ВСН 6-90, СНиП 2.05.02-85*, ГОСТ Р 52289-2004, ОДМ 218.4.005-2010.

При оценке видимости сравнивают значения безопасного расстояния видимости и фактического расстояния видимости, и по мере необходимости принимаются решения об изменении схемы организации дорожного движения.

Необходимо, чтобы водитель всегда видел участок дороги такой длины, которой достаточно для реагирования и полной остановки автомобиля в случае возникновения препятствия. По ОДМ 218.4.005-

2010 безопасное расстояние видимости зависит от расчетной скорости движения, коэффициента эффективности тормозов, коэффициента продольного сцепления и величины зазора безопасности.

Определить фактическое расстояние видимости можно непосредственно на дороге. Для этого, например, перед стоящим на дороге автомобилем можно расположить препятствие и начать постепенно его отодвигать вдоль проезжей части до тех пор, пока оно не исчезнет из вида. Расстояние, на которое удалось отодвинуть препятствие, и будет фактическим расстоянием видимости. В теории все кажется просто, но даже на готовом объекте потребуется провести огромное количество экспериментов, чтобы получить значение этого расстояния не для одной точки на трассе, а для некоторого ее участка. Выполнить же эту операцию на еще не построенной дороге не удастся и вовсе.

Поэтому на практике используются упрощенные методы оценки фактической видимости.

Видимость в профиле

При оценке видимости по продольному профилю считается, что видимость

обеспечена на расстоянии, на котором прямая, соединяющая точку расположения глаз водителя с верхней точкой препятствия, еще не пересекает линию продольного профиля трассы (рис. 1).

Согласно ГОСТ Р 52289-2004, расчетная высота расположения глаз водителя над поверхностью дороги составляет 1,2 м. Под препятствием обычно понимают лежащий на дороге предмет (условно – кирпич высотой 0,2 м) или встречный автомобиль (расчетная высота равна 1,2 м). Однако для повышения безопасности высоту встречного автомобиля лучше считать равной высоте расположения фар ближнего света на легковом автомобиле (~0,6 м).

При заданной геометрии профиля, высоте расположения глаз водителя от поверхности и высоте препятствия можно (даже с помощью линейки) для каждой точки трассы определить максимальное расстояние, на котором препятствие еще видно, в прямом и обратном направлениях.

Чтобы упростить жизнь проектировщикам и не заставлять их выполнять расчет видимости для каждого проекта, в СНиП 2.05.02-85* введены зависимые от категории дороги (на самом деле – от расчетной скорости движения) ограничения на радиусы выпуклых в профиле кривых.

Преимущество данного метода – простота ручного расчета. Недостаток – метод не учитывает разнообразные придорожные объекты. Возможны ситуации, когда метод ошибочно покажет, что видимость обеспечена (рис. 2). Это может привести к неправильному расположению средств организации дорожного движения и отрицательно сказаться на его безопасности.

Видимость в плане

При наличии кривой в плане может возникнуть ситуация, когда находящиеся с внутренней стороны объекты загоражи-

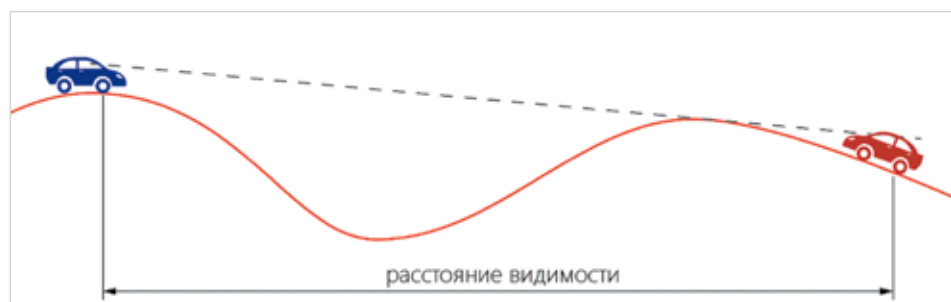


Рис. 1. Определение видимости по продольному профилю

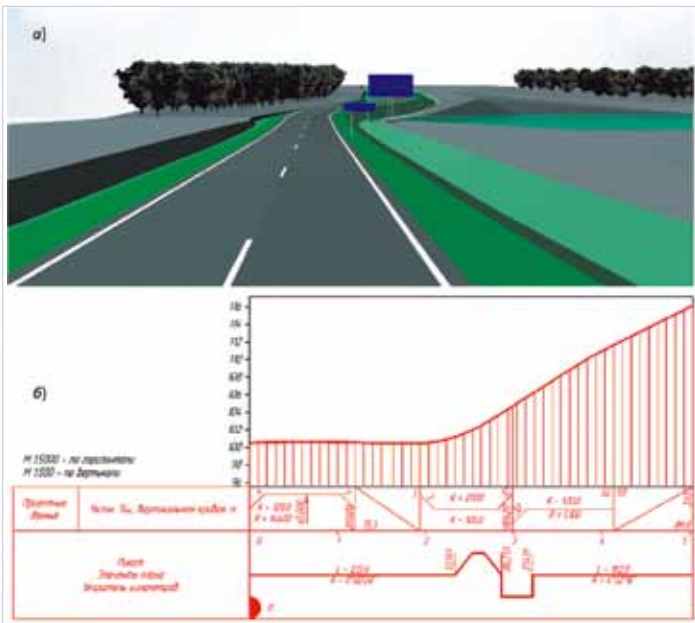


Рис. 2. Несоответствие фактической видимости ее оценке в продольном профиле: а) 3D-визуализация; б) схема продольного профиля участка

вают обзор. Для предотвращения таких ситуаций может быть использован метод, позволяющий определить границу срезки видимости – области, в которой не должно располагаться мешающих объекту объектов (ВСН 6-90).

От начала интересующего участка (точка А) вдоль проезжей части откладывается безопасное расстояние видимости S , тем самым получается точка В. Если начать перемещать обе точки вдоль трассы с одинаковой скоростью, то отрезок, соединяющий точки А и В, будет «заметать» некоторую часть пространства с внутренней стороны кривой, образуя таким образом зону, где не должно находиться объектов, которые могут перекрыть видимость (рис. 3).

Несмотря на простоту ручного построения срезки видимости, данный метод не позволяет точно определить, мешает ли какой-то конкретный объект обзору или нет. На рис. 4 видно, что дорога отлично просматривается, несмотря на наличие в плане препятствий в виде строения и растительности.

Оценка пространственной видимости с помощью 3D-моделирования

С развитием современных технологий появилась возможность производить оценку видимости с помощью 3D-моделирования. Этот подход лишен описанных выше недостатков оценки видимости в профиле и пла-

не и выводит решение задачи оценки фактической видимости на качественно новый уровень. Для расчета видимости методом 3D-моделирования необходимо иметь цифровую модель местности, включающую в себя трехмерную модель поверхности дороги, и модели объектов, расположенных на ней (здания, растительность, дорожные знаки, рекламные щиты, шумозащитные экраны, автобусные павильоны и т. д.).

Самый простой способ применения 3D-моделирования для оценки видимости – это виртуальный проезд по автомобильной дороге с визуальной оценкой видимости. Такой способ весьма субъективен и может использоваться только в качестве вспомогательного инструмента для принятия решений.

В данной статье предлагается два точных метода оценки расстояния видимости с помощью 3D-моделирования – метод трехмерного препятствия и метод теней.

В методе трехмерного препятствия виртуально проводится необходимое количество описанных выше экспериментов по определению фактической видимости: на дороге устанавливается виртуальное препятствие (кирпич или встречный автомобиль), производится 3D-визуализация и автоматически анализируется его видимость. Если видимость соблюдается, то препятствие

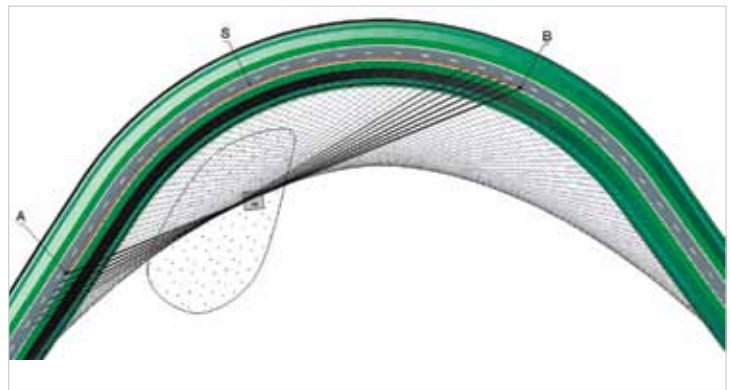


Рис. 3. Определение срезки видимости на кривой в плане

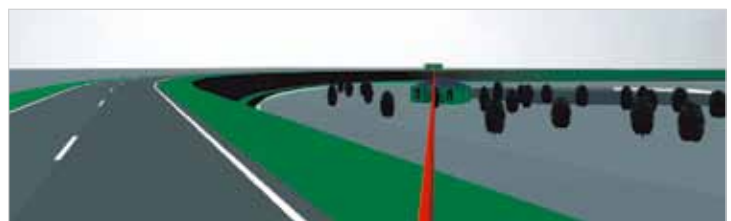


Рис. 4. Не все объекты с внутренней стороны кривой мешают обзору

переносится дальше от точки наблюдения и моделирование повторяется.

В другом предлагаемом методе, методе теней, используется виртуальный мощный источник света, исходящий из точки расположения глаз водителя. При этом от всех предметов, расположенных на пути его лучей, будут отбрасываться тени: от зданий, деревьев, знаков, ограждений, особенностей рельефа и т. д. Те участки поверхности, которые оказались в тени какого-либо объекта, не должны быть видны с места источника света, поскольку загорожены этим самым объектом.

По затененным участкам можно составить «карту теней» для заданной точки обзора. При наложении полученного результата на план получается наглядное отображение не видимых водителю зон (рис. 5).

При использовании метода теней можно учитывать особенность человеческого зрения, заключающуюся в том, что мозг человека объединяет изображения, поступающие от разных глаз, в одно целое. То есть алгоритм может анализировать полученные от каждого глаза водителя изображения. Итоговым результатом расчета будет пересечение невидимых зон, построенных при анализе каждого из них.

На рис. 6а тень от дорожного знака при одиночном точечном источнике света имеет четкие границы. На рис. 6б, где

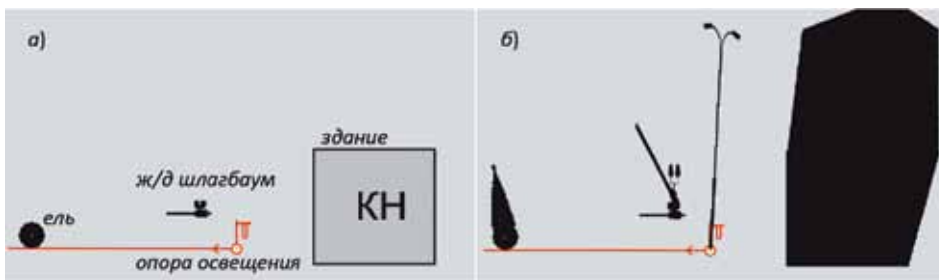


Рис. 5. а) Фрагмент плана местности с примерами различных объектов; б) тот же план с наложенной картой теней (точка наблюдения находится ниже плана)



Рис. 6. Сравнение карт теней: а) от одного источника света; б) от двух

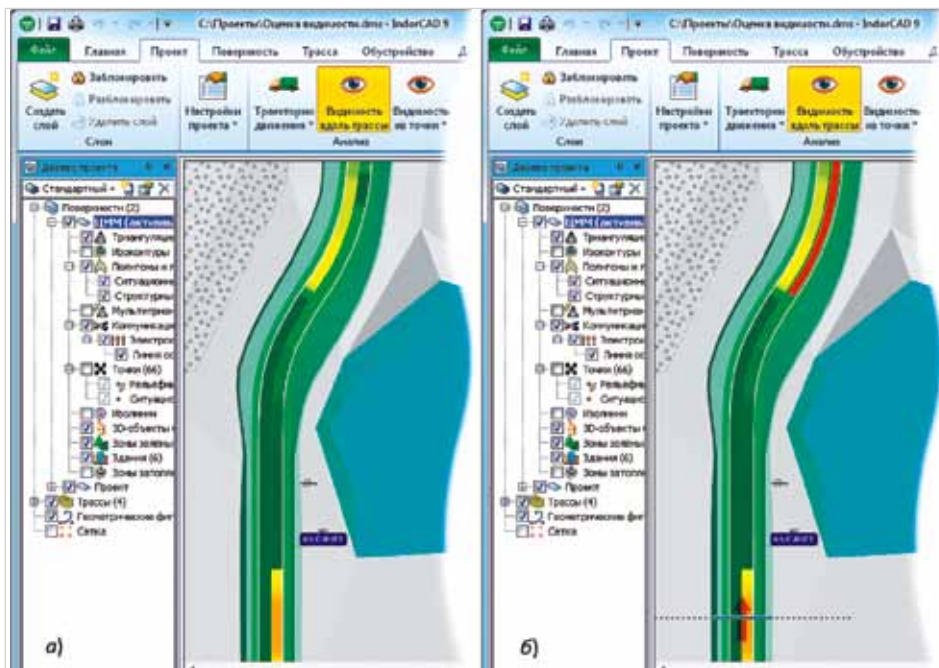


Рис. 7. а) Картограмма видимости по трассе; б) уточнение невидимого участка из заданной точки трассы по картограмме

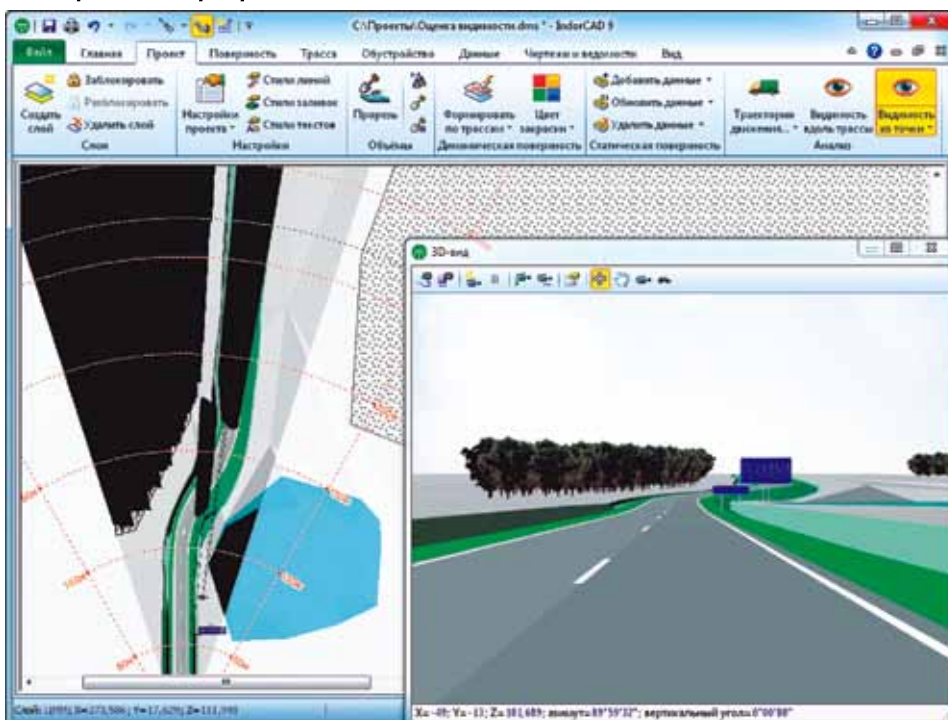


Рис. 8. Использование метода теней в IndorCAD при оценке видимости на трассе

тень рассчитана от двух источников, видно, что суммарная тень объекта от левого и правого источников света (аналог двух глаз водителя) имеет размытые

границы, а то и вовсе распадается на две полутени (случай, когда препятствие достаточно узко, чтобы загораживать обзор обоим глазам).

Реализация в IndorCAD

Компания «ИндорСофт» – ведущий производитель программного обеспечения для проектирования автомобильных дорог в России – предлагает в составе САПР IndorCAD ряд инструментов, реализованных на основе предложенных выше методов оценки пространственной видимости с помощью 3D-моделирования.

Инструмент комплексного расчета в IndorCAD основан на методе трехмерного препятствия. Он формирует картограмму видимости сразу вдоль всей трассы по всем полосам движения в прямом и обратном направлении. Фактическая видимость обозначается различными цветами. При ухудшении значения показателя цвет соответствующего участка меняется в сторону красного (рис. 7а). Дополнительно имеется возможность посмотреть, какой именно участок дороги не виден с заданной точки трассы (рис. 7б).

Для установления причин недостаточной видимости можно воспользоваться другим инструментом, основанным на методе теней. С его помощью, выполняя виртуальный проезд по дороге либо явно указывая положение водителя на плане, система оперативно формирует карту теней и выводит ее на план местности (рис. 8).

Предложенные в настоящей статье методы оценки пространственной видимости и их реализация в САПР IndorCAD позволяют повысить объективность принятия решений при разработке схем организации дорожного движения, а значит, и безопасность дорожного движения в целом.

Д.А. Петренко,
И.Н. Понамарёв,
В.Н. Бойков,
А.В. Скворцов



www.indorsoft.ru