

## Оценка комфортности условий движения пешеходов

С.Л.Чикалина, А.Г.Левашев

Иркутский государственный технический университет

В статье рассматривается методика расчета пешеходных тротуаров с учетом уровня удобства движения пешеходов. Приведены примеры оценки условий движения пешеходов, показаны возможности разработки специального программного обеспечения.

В настоящее время в российских городах значительную часть ДТП со смертельным исходом составляют наезды на пешеходов. Сокращение ДТП этого вида является одной из важнейших составляющих повышения безопасности организации дорожного движения в городах. Организация и безопасность движения пешеходов не имеют достаточного методического обеспечения, отсутствуют нормативные документы и руководства, детально рассматривающие расчеты разных видов пешеходных коммуникаций (тротуаров, переходов).

По нашему мнению основными расчетными характеристиками пешеходных коммуникаций должны быть:

- эффективная ширина пешеходной коммуникации;
- уровень удобства пешеходов

Одной из главных проблем функционирования пешеходных коммуникаций является их несанкционированное использование (автомобили паркуют на замощенных поверхностях, газонах, тротуарах, пешеходных дорожках), в результате чего уменьшается их эффективная ширина (т.е. используемая для движения ширина коммуникации). В указанных ситуациях пешеходы часто пользуются проезжей частью, что в свою очередь создает конфликтные ситуации на проезжей части и приводит к возникновению дорожно-транспортных происшествий. Наибольшие затруднения испытывают такие категории пешеходов, как: матери с детскими колясками (рис.1), больные или пожилые люди, пешеходы с предметами в руках (выходящие из магазинов, пассажиры железнодорожного транспорта).



Рис.1. Влияние припаркованных транспортных средств на движение пешеходов

Стратегия повышения безопасности пешеходов состоит в создании такой улично-дорожной инфраструктуры, которая минимизирует вероятность возникновения

их конфликтов с автомобильным транспортом. Пешеходные коммуникации должны обеспечивать свободное и удобное движение пешеходов [1]. Вообще при проектировании любого вида пешеходных коммуникаций (тротуаров, площадей или переходов), прежде всего, возникает задача определения геометрических параметров в плане (размещения и размеров). При назначении этих параметров исходят из необходимости обеспечения: максимальных удобств для наиболее интенсивного и постоянного из пешеходных потоков; безопасности движения пешеходов.

Критерием оценки уровня удобства движения пешеходов является возможность пешеходов передвигаться свободно без нанесения вреда себе и другим пешеходам. Критерием, определяющим уровень удобства дорожного движения, является плотность пешеходного движения, которая измеряется в количестве пешеходов на один квадратный метр [3].

$$D = \frac{Q_F}{A}, \quad (1)$$

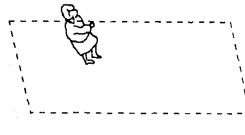
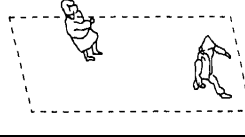
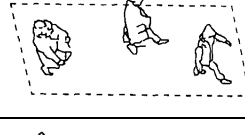

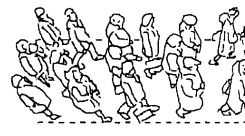
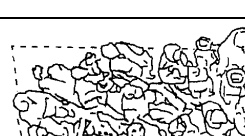
где  $D$  - плотность движения пешеходов, чел./м<sup>2</sup>;  $Q_F$  - количество пешеходов, чел;  $A$  - площадь, м<sup>2</sup>.

Для оценки уровня удобства движения пешеходов используется фиктивная плотность движения пешеходов  $k$  вместо фактической плотности. Она получается с учетом скорости пешеходов и факторов, влияющих на движение пешеходов.

По предельным значениям фиктивной плотности движения пешеходов указанных в (табл. 1.) уровень удобства движения пешеходов делится на 6 категорий от А до F

Таблица 1

Категории уровня обслуживания дорожного движения пешеходов

А	Площадь, приходящаяся на пешехода Плотность	$\geq 12,1$ м <sup>2</sup> /чел $\leq 0,08$ чел/м <sup>2</sup>	
В	Площадь, приходящаяся на пешехода Плотность	$\geq 3,7$ м <sup>2</sup> /чел $\leq 0,25$ чел/м <sup>2</sup>	
С	Площадь, приходящаяся на пешехода Плотность	$\geq 2,2$ м <sup>2</sup> /чел $\leq 0,40$ чел/м <sup>2</sup>	
Д	Площадь, приходящаяся на пешехода Плотность	$\geq 1,4$ м <sup>2</sup> /чел $\leq 0,70$ чел/м <sup>2</sup>	
Е	Площадь, приходящаяся на пешехода Плотность	$\geq 0,6$ м <sup>2</sup> /чел $\leq 1,80$ чел/м <sup>2</sup>	
Ф	Площадь, приходящаяся на пешехода Плотность	$< 0,6$ м <sup>2</sup> /чел $> 1,80$ чел/м <sup>2</sup>	

Согласно данным таблицы 1 категории уровня удобства движения пешеходов можно охарактеризовать следующим образом:

**Категория А:** Пешеходы свободны в выборе скорости движения. Крайне редко наблюдается влияние друг на друга. Плотность движения незначительна. При этом отсутствует нанесение вреда здоровью. Конфликты между пешеходами невозможны.

**Категория В:** Скорость выбирается еще свободно. Низкая плотность движения не приводит к нанесению вреда здоровью, но при предельных значениях имеется совсем незначительное нанесение вреда. Встречные конфликты можно предотвратить при взаимном уважении друг к другу

**Категория С:** Пешеходы ограничены в выборе скорости движения. При встречном движении скорость снижается. При предельных значениях плотности возможно нанесение вреда здоровью другим пешеходам, но не доходит до физического контакта. При встречном движении потоков могут возникать конфликты.

**Категория D:** Пешеходы в выборе скорости движения отчетливо ограничены. Пешеходы вынуждены снижать скорость и менять направления. При повышении плотности движения пешеходов средняя скорость заметно понижается. При встречном движении противоположных потоков возрастает вероятность конфликта. Для избежания конфликтов необходимо менять скорость и направление движения. Состояние движения еще стабильно.

**Категория Е:** Пешеходы вынуждены снижать скорость движения. Движение отчетливо замедляется. При приближении интенсивности движения пешеходов к пропускной способности сооружения образуются заторы и поток приостанавливается. Для обгона недостаточно пространства. Невозможно избежать физического контакта с другими людьми..

**Категория F:** Скорость движения пешеходов ограничена. Интенсивность пешеходного потока выше, чем пропускная способность. Изменение направления практически невозможно, время от времени пешеходам приходится останавливаться. Встречное движение становится невозможным. Пешеходы имеют постоянные физические контакты с другими.

Выше перечисленная классификация уровней удобства движения пешеходов используется в зарубежной практике при организации движения пешеходов. В данной работе предлагается оценить уровень удобства движения пешеходов на примере г. Иркутска в соответствии с приведенной классификацией. Для этого используются ранее известные за рубежом алгоритмы оценки уровня удобства движения пешеходов [3].

Пешеходные сооружения проектируются с учетом ожидаемой интенсивности движения пешеходов. Так как при оценке уровня удобства движения пешеходов на тротуарах и пешеходных переходах, в настоящей работе рассматриваются методики оценки уровня удобства движения пешеходов на тротуарах.

Данные методики предназначены, прежде всего, для общественных или частных пешеходных коммуникаций, которые служат связующим звеном в улично-дорожной сети. Так же методики применимы к оценке уровня удобства движения на остановках общественного транспорта, а так же для тротуаров и площадей около часто посещаемых учреждений таких как предприятия, спорткомплексы, культурные центры.

Основными параметрами при оценке уровня удобства пешеходных тротуаров являются:

- интенсивность движения пешеходов;
- геометрические размеры пешеходного сооружения;
- границы участков пешеходных сооружений.

Интенсивность движения пешеходов - это число пешеходов, передвигающихся через поперечное сечение за единицу времени. Если известна интенсивность пешеходов за определенный промежуток времени, то с учетом коэффициентов приведения можно найти интенсивность движения пешеходов за 15 минут или за 2 минуты (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты приведения интенсивности пешеходного движения при различных интервалах времени

Интенсивность пешеходного движения за единицу времени	Коэффициент приведения $f_z$	
	15 мин	2 мин
60 минут	0,30	0,06
30 минут	0,55	0,10
15 минут	1,00	0,18
10 минут	1,40	0,25

В некоторых случаях интенсивность движения пешеходов устанавливается, например, как количество пассажиров, выходящих из общественного транспорта или количество учеников, покидающих здание школы при окончании школьных уроков  $q_t$  (чел/т мин).

Геометрические размеры пешеходного сооружения принимаются с учетом требований конструктивного использования уличного пространства, а также с учетом минимальных требований в пространстве в зависимости от условий движения из следующего стандарта FGSV (EAE, 1985/95; EAHV 1993/98).

Тротуары можно разграничить на участки где наблюдается:

- а) изменение интенсивности пешеходов в результате изменения направления движения, а так же при наличии остановок общественного транспорта.
- б) расположение торговых объектов (магазины, витрины, уличные кафе, лотки, киоски) особенно с высоким числом посетителей этих объектов.

Факторы, влияющие на пешеходное движение на тротуарах:

- полезная ширина тротуара;
- скорость движения пешеходов;
- интенсивность движения пешеходов (с учетом влияния продольного уклона тротуара и наличия встречного движения).

Тротуары и площади в большинстве случаев не используются по всей ширине. Поэтому полезная (эффективная) ширина тротуара  $B$  получается из имеющейся ширины тротуара  $B_b$  с вычетом бесполезных площадей по краям и наличия препятствий (деревьев, столбов и т.д.).

Относительно стен и других помех на тротуарах и площадях учитываются следующие величины влияния  $B_S$  (табл. 3).

Таблица 3

Величина влияния различных помех  $B_S$

Виды помех	Расстояние $B_S$ , м	
	тротуар	площадь
Структурированная стена без выступов	0,50	0,25
Стена с витринами	1,00	0,50
Садовая изгородь/ насаждения	0,60	0,60
Проезжая часть (высокий бордюр)	0,35	-

На углах с маленьким радиусом ( $R < 15$  м), например, при изменении направления тротуара или площади, нужно учитывать дополнительные боковые расстояния  $B_r = 0,15$  м.

Препятствия на участке пешеходного движения необходимо учитывать в их полной ширине  $B_h$  включая величину влияния  $B_v$ , которая принимается с обеих сторон вместе около 0,50 метров. При высокой интенсивности движения пешеходов при наличии таких препятствий, как почтовые ящики или паркометры, это значение увеличивается до 1 м. При этом необходимо учитывать, что действие вмонтированных препятствий распределяется вдоль тротуара на расстояние около 5 м до препятствия и после него (рис.2).

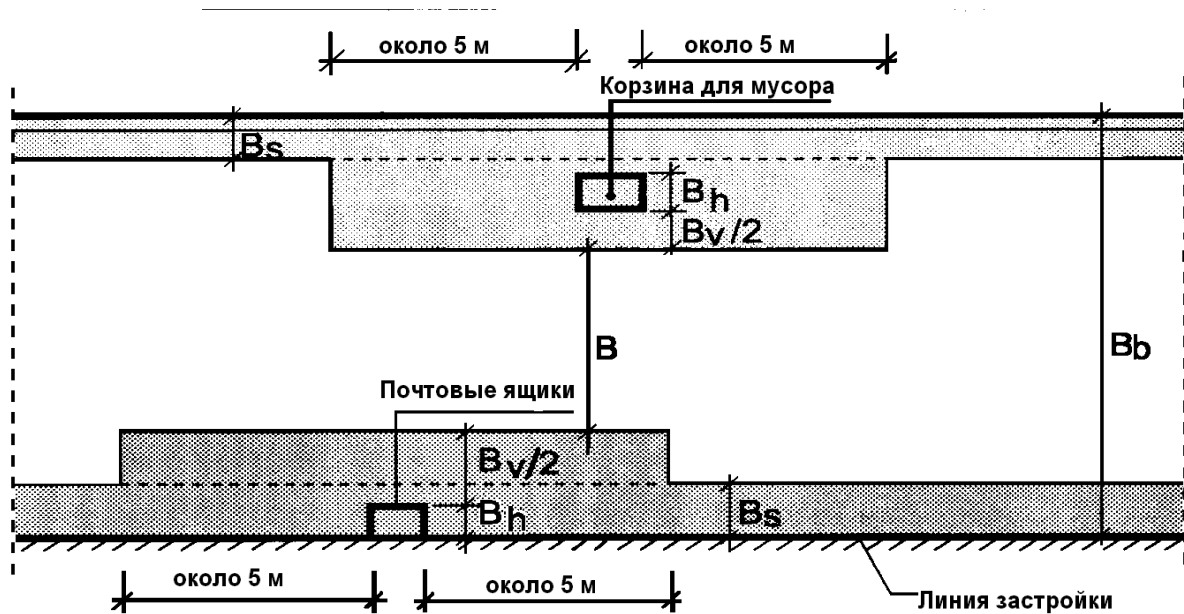


Рис. 2. Полезная ширина тротуара

При подходе к тротуару с двухсторонним сужением плотность пешеходного потока резко увеличивается. В таких ситуациях ширина тротуара в предельных значениях определяется как полезная ширина тротуара.

При среднем составе потока в рабочее время, при сухой погоде и на ровной местности (тротуары и площадки) при незначительной интенсивности движения пешеходов без каких-либо препятствий уровень удобства движения на тротуарах оценивают, исходя из средней скорости движения пешехода  $v = 1,34$  м/с.

На ровном тротуаре с учетом цели движения скорость может меняться в пределах от 1,1 м/с до 1,49 м/с (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициенты приведения скорости движения пешеходов с учетом цели движения на ровном тротуаре

Цель движения	Скорость движения при незначительной интенсивности $v_0$ , м/с
Смешанное	1,34
Движение между двумя пунктами	1,49
Движение за покупками	1,16
Движение в свободное время	1,10

Величина продольного уклона тротуара влияет на скорость движения пешеходов, вследствие чего скорость необходимо пересчитывать с учетом коэффициентов приведения скорости (табл. 5). Эти коэффициенты приведения описывают условное изменение скорости  $v_0$  на основании величины продольного уклона.

Таблица 5

Коэффициент приведения скорости с учетом величины продольного уклона	
Величина уклона	Коэффициент приведения $f_s$
Без уклона ( $-5\% < s < 5\%$ )	1
Подъем (от 5 до 10%)	0.90
Спуск (от -5 до - 10%)	1.05

При проектировании тротуара также учитывается коэффициент влияния интенсивности встречного потока, который определяется соотношением потока с меньшей интенсивностью движения пешеходов к встречному потоку с большей интенсивностью. Для этого используют следующие коэффициенты приведения (табл. 6)

Таблица 6

Факторы приведения интенсивности пешеходов с учетом интенсивности встречного движения

Преобладающее направление движения	Коэффициент приведения $f_g$
Одностороннее движение (встречное движение $\leq 5\%$ от общей интенсивности движения)	1
Преимущественное движение (встречное движение $>5\%$ и $\leq 15\%$ от общей интенсивности движения)	1,17
Двухстороннее движение (встречное движение $>15\%$ от общей интенсивности движения)	1,05

На основании вышеизложенных факторов, оценку уровню удобства движения пешеходов на тротуарах можно представить связью между интенсивностью пешеходного движения и плотностью, которая описывается следующим уравнением (2):

$$q = k \cdot v \cdot B \quad (2)$$

где  $q$  - интенсивность пешеходного движения, чел/с;  $k$  - плотность пешеходного движения, чел/м<sup>2</sup>;  $v$  - скорость движения пешеходов, м/с;  $B$  - полезная ширина тротуара, м

Помимо данной связи в расчете оценки уровня удобства движения пешеходов учитывается удельная интенсивность пешеходного движения, которая является основным критерием пешеходного движения и определяется отношением интенсивности пешеходов к одному метру ширины тротуара и описывается уравнением (3):

$$q_s = \frac{q}{B} = k \cdot v \quad (3)$$

где  $q_s$  - удельная интенсивность пешеходного движения, чел/(м·с);  $k$  - плотность пешеходного движения, чел/м<sup>2</sup>;  $v$  - скорость (горизонтальная), м/с;

Расчет интенсивности движения пешеходов определяют с учетом интенсивности движения указанной в таблице 1 и с учетом факторов, влияющих на пешеходное движение на тротуарах (табл. 3-5) для 15-минутного и 2-минутного интервала как определяющая удельная интенсивность пешеходного движения:

$$q_{s, massg,15} = \frac{q_{15}}{900 \cdot B} \quad (4)$$

и

$$q_{s, massg,2} = \frac{q_2}{120 \cdot B} \quad (5)$$

где  $q_{s, massg,t}$  - удельная интенсивность движения пешеходов за t-минутный интервал чел/(м·с), которая определяется по табл. 7;  $B$  - полезная ширина тротуара, м

Таблица 7

Интенсивность движения пешеходов за 15-минутный интервал с учетом факторов определяемых по таблицам 2 и 6

Преобладающее направление	Интенсивность движения $q_{15}$ , чел/15мин			
	$q_{60}$	$q_{30}$	$q_{15}$	$q_{10}$
Одностороннее движения (встречное движение $\leq 5\%$ от общей интенсивности движения)	0,30 $q_{60}$	0,55 $q_{30}$	1,00 $q_{15}$	1,40 $q_{10}$
Преобладающее одностороннее движение (встречное движение $> 5\%$ и $\leq 15\%$ от общей интенсивности движения)	0,35 $q_{60}$	0,64 $q_{30}$	1,17 $q_{15}$	1,64 $q_{10}$
Двухстороннее движение (встречное движение $> 15\%$ от общей интенсивности движения)	0,32 $q_{60}$	0,58 $q_{30}$	1,05 $q_{15}$	1,47 $q_{10}$

На основании вышеизложенной методики определяемый уровень удобства движения пешеходов на тротуарах определяется непосредственно по диаграмме представленной на рис. 3. Применяя, расчетное значение удельной интенсивности пешеходного движения и скорости движения пешеходов на тротуарах можно рассчитать плотность пешеходов и тем самым определить уровень удобства движения пешеходов. На данной диаграмме представлены границы между отдельными уровнями удобства дорожного движения пешеходов.

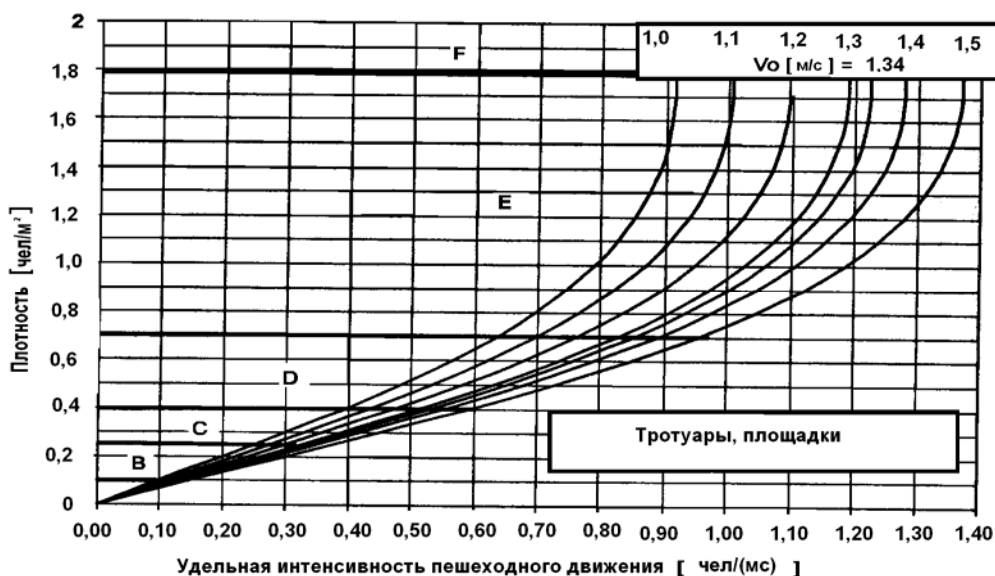


Рис. 3. Влияние удельной интенсивности и скорости движения пешеходов на плотность движения пешеходов на тротуарах

На основании вышеизложенной методики авторами была создана программа «Пешеход» рис. 4 и 5, которая позволяет оценить уровень удобства движения пешеходов на тротуарах. Особенностью данной программы является то, что при достаточно простом рабочем интерфейсе с помощью нее осуществляются ряд непростых математических и логических процедур. С помощью данного продукта становится возможным выполнение задач, связанных с проектированием и оценкой уровня удобства движения пешеходов.

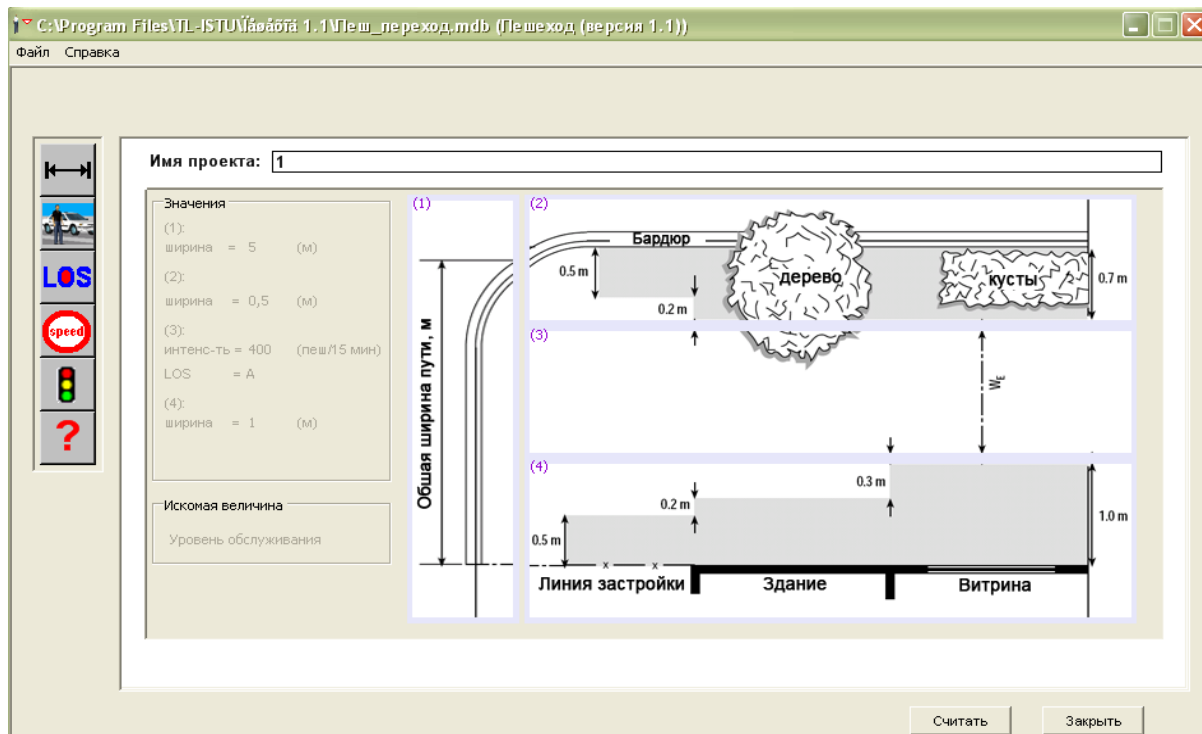


Рис.4 Основное рабочее окно программы

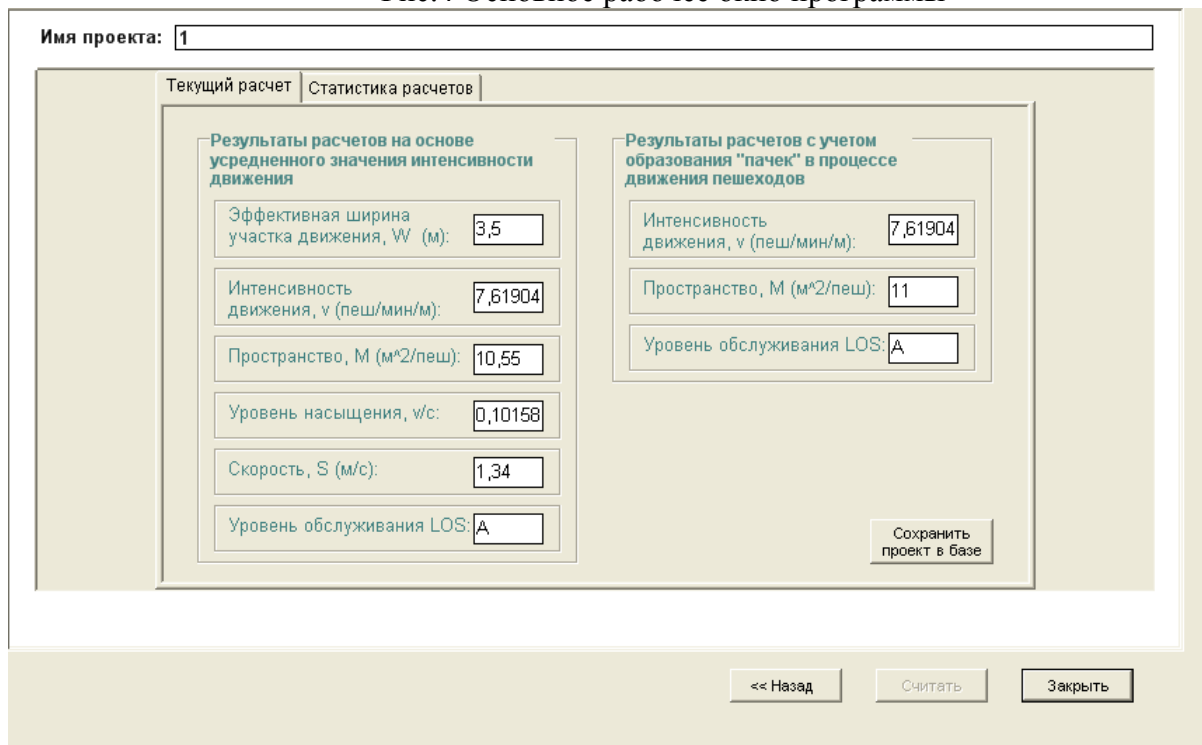


Рис.5 Результаты обработки данных



В табл. 8 приведены результаты оценки уровня удобства движения пешеходов на нескольких тротуарах в центральной части г. Иркутска, полученные при помощи программы «Пешеход»

Таблица 8

Результаты оценки уровня удобства движения пешеходов на тротуарах в центральной части г. Иркутска

Местоположение тротуара	Уровень удобства
Ул.Дзержинского (от ул.Ленина до ул. 1-ая Красноармейская), четная сторона	С
Ул.Дзержинского (от ул.Ленина до ул. 1-ая Красноармейская), нечетная сторона	В
Ул.К.Маркса (от ул. 5Армии до ул.Ленина) четная сторона	А
Ул.К.Маркса (от ул. 5Армии до ул.Ленина) нечетная сторона	А
Ул.К.Маркса (от ул. Ленина до ул. 1-ая Красноармейская) четная сторона	В
Ул.К.Маркса (от ул. Ленина до ул. 1-ая Красноармейская) нечетная сторона	А
Ул.Дзержинского (от ул.Б.Хмельницкого до ул. Литвинова), четная сторона	С
Ул.Дзержинского (от ул.Б.Хмельницкого до ул. Литвинова), нечетная сторона	В
Ул.Дзержинского (от ул.Литвинова до ул.Урицкого), четная сторона	В
Ул.Дзержинского (от ул.Литвинова до ул.Урицкого), нечетная сторона	В
Ул.Дзержинского (от ул. Урицкого до ул.Фурье), нечетная сторона	В
Ул.Дзержинского (от ул.Чехова до ул.Володарского), нечетная сторона	А
Ул.Дзержинского (от ул.Чехова до ул.Володарского), четная сторона	С
Ул.К.Маркса (от ул.Киевская до ул.Сухэ-Батора) четная сторона	В
Ул.К.Маркса (от ул.Киевская до ул.Сухэ-Батора) нечетная сторона	В
Ул.К.Маркса (от ул.Сухэ-Батора до ул.Литвинова) четная сторона	В
Ул.К.Маркса (от ул.Урицкого до ул.Чехова) четная сторона	В
Ул.Пролетарская (от ул.Горького до ул.К.Маркса) четная сторона	С
Ул.К.Маркса (от ул.Литвинова до ул.Урицкого) четная сторона	В

Проанализировав полученные результаты можно сделать выводы о том, что в центральной части г. Иркутска преобладают уровни удобства движения пешеходов В (в основном в местах расположения крупных торговых объектов) и С (рядом с остановками общественного транспорта). Чрезмерное насыщение существующих тротуаров объектами торговли и обслуживания, не предусмотренными при проектировании, которые размещаются за счет пространства предназначенного для пешеходного движения, приводит к крайне неудовлетворительным условиям движения пешеходов.

Авторы намерены продолжать дальнейшие работы по созданию программ расчета пешеходных коммуникаций различных видов. При этом предполагается адаптировать к российским условиям расчетные методики немецкого руководства [3] и американского руководства Highway Capacity Manual 2000.

#### Литература

1. Г.И. Клинковштейн, М.Б. Афанасьев Организация дорожного движения: Учеб. для вузов. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: транспорт, 2001.- 247с.
2. Черепанов, А.Б. Краткое историческое обозрение норм проектирования транспортных систем городов. Ч.1. Улично-дорожная сеть. //Материалы IX Международной науч.-практ. конф.- Екатеринбург, 2003.
3. Gerd Steierwald, Hans Dieter Kunne, Walter Vogt. Stadtverkehrplanung. Grundlagen, Methoden, Ziele, 2005. Printed in Germany