

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Вологодский государственный университет

Кафедра автомобильных дорог

# **РЕКОНСТРУКЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

*Методические указания к практическим работам*

Факультет инженерно–строительный

Специальность 271502 «Строительство, эксплуатация, восстановление  
и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей»  
специализация № 4 «Строительство (реконструкция), эксплуатация  
и техническое прикрытие автомобильных дорог»

Направление подготовки 08.03.01 – «Техника и технология строительства»  
профиль подготовки – «Автомобильные дороги и аэродромы»

Вологда  
2014

**Реконструкция автомобильных дорог:** методические указания к практическим работам. – Вологда: ВоГУ, 2014. – 32 с.

В методических указаниях изложены последовательность и методика выполнения практических заданий по дисциплинам «Реконструкция автомобильных дорог» и «Проектирование реконструкции на автомобильных дорогах». Приведены справочные данные для проектирования, образцы оформления чертежей, список рекомендуемой литературы.

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения специальности 271502 «Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей» специализация № 4 «Строительство (реконструкция), эксплуатация и техническое прикрытие автомобильных дорог», направление подготовки 08.03.01 – «Техника и технология строительства», профиль подготовки – «Автомобильные дороги и аэродромы», а также могут быть использованы в дипломном и курсовом проектировании.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГТУ

Составитель С.В. Корюкина, ст. преподаватель

Рецензент Л.И. Булгакова, канд. техн. наук, доцент кафедры  
«Промышленное и гражданское строительство»

## **ВВЕДЕНИЕ**

Транспортно-эксплуатационное состояние и технический уровень существующих автомобильных дорог не всегда соответствуют требованиям современного дорожного движения. Оценка этого соответствия – важная технико-экономическая задача, которая решается при обосновании реконструкции дороги или отдельных ее участков.

В методических указаниях представлены методики определения основных транспортно-эксплуатационных характеристик дорог – пропускной способности, уровня загрузки движением, уровня удобства движения, средних, максимальных и минимальных скоростей транспортных потоков, степени опасности пересечений; сформулированы задачи, которые должны решить студенты; предложены необходимые справочные материалы и рекомендуемая литература.

При выполнении практических работ студенты знакомятся с теоретическими положениями курса, выполняют необходимые расчеты, делают выводы и дают рекомендации по повышению ТЭС АД. Результаты работы оформляются в форме отчетов на листах писчей бумаги формата А4.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

### ТЕМА: Определение пропускной способности дороги и коэффициента загрузки движением (8 часов)

#### Теоретическая часть

Для определения пропускной способности автомобильных дорог, пересечений в одном и разных уровнях используется методика, приведенная в [2, 5].

**Практическая пропускная способность** — максимальное количество автомобилей, которое может пропустить участок с конкретными дорожными условиями и единицу времени:

$$P_{np} = \frac{P_{\max} b_{\text{итог}}}{n \prod_{i=1}^n K_{np_i} \varphi_i}, \quad (1.1)$$

где  $P_{\max}$  — максимальная практическая пропускная способность эталонного участка автомобильной дороги: горизонтального, прямолинейного в плане, с проезжей частью, имеющей не менее двух полос движения шириной по 3,75 м, с сухим шероховатым покрытием, с расстоянием видимости не менее 800 м, для транспортного потока, состоящего только из легковых автомобилей, ед/ч;  $n$  — количество типов автомобилей в составе транспортного потока;  $K_{np_i}$  — коэффициент приведения автомобиля  $i$ -го типа к легковому автомобилю (значения  $K_{np}$  принимаются в соответствии с рекомендациями СНиП 2.05.02-85 [1] в зависимости от типа транспортных средств и их грузоподъемности (табл.1.15));  $\varphi_i$  — доля автомобилей  $i$ -го типа в составе транспортного потока;  $b_{\text{итог}}$  — итоговый коэффициент снижения пропускной способности, равный произведению частных коэффициентов, определяемых по табл. 1.1-1.14 в зависимости от характеристик дорожных условий и состава транспортного потока:

$$b_{\text{итог}} = \prod_{i=1}^{15} b_i$$

Максимальную практическую пропускную способность  $P_{\max}$  принимают: для двухполосных дорог — 2000 авт/ч; для трехполосных дорог — 4000 авт/ч.

Таблица 1.1 - Коэффициент  $\beta_1$ 

| Ширина полосы движения, м | Значение $\beta_1$ для проезжей части |              |
|---------------------------|---------------------------------------|--------------|
|                           | многополосной                         | двухполосной |
| <3                        | 0,9                                   | 0,85         |
| 3,5                       | 0,96                                  | 0,9          |
| $\geq 3,75$               | 1,0                                   | 1,0          |

Таблица 1.2 - Коэффициент  $\beta_2$ 

| Ширина обочины, м | Значение $\beta_2$ |
|-------------------|--------------------|
| 3,75              | 1,0                |
| 3,0               | 0,97               |
| 2,5               | 0,92               |
| 2,0               | 0,8                |
| 1,5               | 0,7                |

Таблица 1.3 - Коэффициент  $\beta_3$ 

| Расстояние от кромки проезжей части до бокового препятствия в пределах обочины, м | Боковые помехи с одной стороны                   |      |      | Боковые помехи с обеих сторон |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|------|------|-------------------------------|------|------|
|                                                                                   | значение $\beta_3$ при ширине полосы движения, м |      |      |                               |      |      |
|                                                                                   | 3,75                                             | 3,5  | 3,0  | 3,75                          | 3,5  | 3,0  |
| 2,5                                                                               | 1,00                                             | 1,00 | 0,98 | 1,00                          | 0,98 | 0,96 |
| 2,0                                                                               | 0,99                                             | 0,99 | 0,95 | 0,98                          | 0,97 | 0,93 |
| 1,5                                                                               | 0,97                                             | 0,95 | 0,94 | 0,96                          | 0,93 | 0,91 |
| 1,0                                                                               | 0,95                                             | 0,90 | 0,87 | 0,91                          | 0,88 | 0,85 |
| 0,5                                                                               | 0,92                                             | 0,83 | 0,80 | 0,88                          | 0,78 | 0,75 |
| 0                                                                                 | 0,85                                             | 0,78 | 0,75 | 0,82                          | 0,73 | 0,7  |

Таблица 1.4 - Коэффициент  $\beta_4$ 

| Количество автопоездов в потоке, % | Значение $\beta_4$ при доле легких и средних грузовых автомобилей, % |      |      |      |      |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|
|                                    | 10                                                                   | 20   | 50   | 60   | 70   |
| 1                                  | 0,99                                                                 | 0,98 | 0,94 | 0,90 | 0,86 |
| 5                                  | 0,97                                                                 | 0,96 | 0,91 | 0,88 | 0,84 |
| 10                                 | 0,95                                                                 | 0,93 | 0,88 | 0,85 | 0,81 |
| 15                                 | 0,92                                                                 | 0,90 | 0,85 | 0,82 | 0,78 |
| 20                                 | 0,90                                                                 | 0,87 | 0,82 | 0,79 | 0,76 |
| 25                                 | 0,87                                                                 | 0,84 | 0,79 | 0,76 | 0,73 |
| 30                                 | 0,84                                                                 | 0,81 | 0,76 | 0,72 | 0,70 |

Таблица 1.5 - Коэффициент  $\beta_5$ 

| Продольный уклон, % | Длина подъема, м | Значение $\beta_5$ при доле автомобильных поездов в потоке, % |      |      |      |
|---------------------|------------------|---------------------------------------------------------------|------|------|------|
|                     |                  | 2                                                             | 5    | 10   | 15   |
| 20                  | 200              | 0,98                                                          | 0,97 | 0,94 | 0,89 |
|                     | 500              | 0,97                                                          | 0,94 | 0,92 | 0,87 |
|                     | 800              | 0,96                                                          | 0,92 | 0,90 | 0,84 |
| 30                  | 200              | 0,96                                                          | 0,95 | 0,93 | 0,86 |
|                     | 500              | 0,95                                                          | 0,93 | 0,91 | 0,83 |
|                     | 800              | 0,93                                                          | 0,90 | 0,88 | 0,80 |
| 40                  | 200              | 0,93                                                          | 0,90 | 0,86 | 0,80 |
|                     | 500              | 0,91                                                          | 0,88 | 0,83 | 0,76 |
|                     | 800              | 0,88                                                          | 0,85 | 0,80 | 0,72 |
| 50                  | 200              | 0,90                                                          | 0,85 | 0,80 | 0,74 |
|                     | 500              | 0,86                                                          | 0,80 | 0,75 | 0,70 |
|                     | 800              | 0,82                                                          | 0,76 | 0,71 | 0,64 |
| 60                  | 200              | 0,83                                                          | 0,77 | 0,70 | 0,63 |
|                     | 500              | 0,77                                                          | 0,71 | 0,64 | 0,55 |
|                     | 800              | 0,70                                                          | 0,63 | 0,53 | 0,47 |
| 70                  | 200              | 0,75                                                          | 0,68 | 0,60 | 0,55 |
|                     | 300              | 0,63                                                          | 0,55 | 0,48 | 0,41 |

**Примечание:** коэффициент  $\beta_4$  на подъёмах не учитывается, т.к. состав движения учтён при определении коэффициента  $\beta_5$

Таблица 1.6 - Коэффициент  $\beta_6$ 

| Расстояние видимости, м | Значение $\beta_6$ |
|-------------------------|--------------------|
| <50                     | 0,69               |
| 50-100                  | 0,73               |
| 100-150                 | 0,84               |
| 150-250                 | 0,90               |
| 250-350                 | 0,98               |
| >350                    | 1,0                |

Таблица 1.7 - Коэффициент  $\beta_7$ 

| Радиус кривой в плане, м | Значение $\beta_7$ |
|--------------------------|--------------------|
| <100                     | 0,85               |
| 100-250                  | 0,90               |
| 250-450                  | 0,96               |
| 450-600                  | 0,99               |
| >600                     | 1,0                |

Таблица 1.8 - Коэффициент  $\beta_8$ 

| Ограничение скорости движения, км/ч | Значение $\beta_8$ |
|-------------------------------------|--------------------|
| 10                                  | 0,44               |
| 20                                  | 0,76               |
| 30                                  | 0,88               |
| 40                                  | 0,96               |
| 50                                  | 0,98               |
| 60                                  | 1,0                |

Таблица 1.9 - Коэффициент  $\beta_9$ 

| Доля<br>автомобилей,<br>совершающих<br>левый поворот, %                               | Примыкание                                                      |      |      | Пересечение |      |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------|------|-------------|------|------|
|                                                                                       | значение $\beta_9$ при ширине проезжей части основной дороги, м |      |      |             |      |      |
|                                                                                       | 7,0                                                             | 7,5  | 10,5 | 7,0         | 7,5  | 10,5 |
| Необорудованные                                                                       |                                                                 |      |      |             |      |      |
| 0                                                                                     | 0,97                                                            | 0,98 | 1,0  | 0,94        | 0,95 | 0,98 |
| 20                                                                                    | 0,85                                                            | 0,87 | 0,92 | 0,82        | 0,83 | 0,91 |
| 40                                                                                    | 0,73                                                            | 0,75 | 0,83 | 0,70        | 0,71 | 0,82 |
| 60                                                                                    | 0,60                                                            | 0,62 | 0,75 | 0,57        | 0,58 | 0,73 |
| 80                                                                                    | 0,45                                                            | 0,47 | 0,72 | 0,41        | 0,41 | 0,70 |
| Частично канализированные с островками безопасности<br>без переходно-скоростных полос |                                                                 |      |      |             |      |      |
| 0                                                                                     | 1,0                                                             | 1,0  | 1,0  | 0,98        | 0,99 | 1,0  |
| 20                                                                                    | 0,97                                                            | 0,98 | 1,0  | 0,98        | 0,97 | 0,99 |
| 40                                                                                    | 0,93                                                            | 0,94 | 0,97 | 0,91        | 0,92 | 0,97 |
| 60                                                                                    | 0,87                                                            | 0,88 | 0,93 | 0,84        | 0,85 | 0,93 |
| 80                                                                                    | 0,87                                                            | 0,88 | 0,92 | 0,84        | 0,85 | 0,92 |
| Полностью канализированные                                                            |                                                                 |      |      |             |      |      |
| 0-60                                                                                  | 1,0                                                             | 1,0  | 1,0  | 1,0         | 1,0  | 1,0  |
| 80                                                                                    | 0,97                                                            | 0,98 | 0,99 | 0,95        | 0,97 | 0,98 |

Таблица 1.10 - Коэффициент  $\beta_{10}$ 

| Тип укрепления и состояние обочин | Значения $\beta_{10}$ |
|-----------------------------------|-----------------------|
| Усовершенствованное покрытие      | 1,0                   |
| Укрепление щебнем                 | 0,99                  |
| Дерновый газон                    | 0,95                  |
| Сухие неукрепленные               | 0,90                  |
| Мокрые грязные                    | 0,45                  |

Таблица 1.11 - Коэффициент  $\beta_{11}$ 

| Тип покрытия                                    | Значения $\beta_{11}$ |
|-------------------------------------------------|-----------------------|
| Шероховатое асфальтобетонное, черное щебеночное | 1,0                   |
| Гладкое асфальтобетонное                        |                       |
| Сборное бетонное                                | 0,91                  |
| Булыжная мостовая                               | 0,86                  |
| Грунтовая дорога в хорошем состоянии            | 0,42                  |
| Грунтовая дорога размокшая                      | 0,90                  |
|                                                 | 0,1-0,3               |

Таблица 1.12 - Коэффициент  $\beta_{12}$ 

| Способ отделения площадок отдыха, бензозаправочных станций, площадок для стоянки от основной проезжей части дороги | Значения $\beta_{12}$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Полное отделение, специальная полоса для въезда                                                                    | 1,0                   |
| Полное отделение, имеется отгон ширины                                                                             | 0,98                  |
| Полное отделение, без полос и отгона                                                                               | 0,8                   |
| Без отделения                                                                                                      | 0,64                  |

Таблица 1.13 - Коэффициент  $\beta_{13}$ 

| Средства организации движения                       | Значения $\beta_{13}$  |
|-----------------------------------------------------|------------------------|
| Осевая разметка                                     | 1,02                   |
| Осевая и краевая разметка                           | 1,05                   |
| Двойная осевая разметка                             | 1,12                   |
| Знак ограничения максимальной скорости              | $\beta_{14} = \beta_8$ |
| Указатели полос движения                            | $\beta_{14} = 1,1$     |
| Разметка полос на подъемах с дополнительной полосой | 1,5                    |

Таблица 1.14 - Коэффициент  $\beta_{15}$ 

| Доля автобусов в потоке, % | Значение $\beta_{15}$ при доле легковых автомобилей в потоке, % |      |      |      |      |      |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|
|                            | 70                                                              | 50   | 40   | 30   | 20   | 10   |
| 1                          | 0,82                                                            | 0,76 | 0,74 | 0,72 | 0,70 | 0,68 |
| 5                          | 0,80                                                            | 0,75 | 0,72 | 0,71 | 0,69 | 0,66 |
| 10                         | 0,77                                                            | 0,73 | 0,71 | 0,69 | 0,67 | 0,65 |
| 15                         | 0,75                                                            | 0,71 | 0,69 | 0,67 | 0,66 | 0,64 |
| 20                         | 0,73                                                            | 0,69 | 0,68 | 0,66 | 0,64 | 0,62 |
| 30                         | 0,70                                                            | 0,66 | 0,64 | 0,63 | 0,61 | 0,60 |

Таблица 1.15 - Коэффициенты приведения к легковому автомобилю  $K_{np}$  (в соответствии со СНиП 2.05.02-85\*)

| Вид транспортного средства                   | $K_{np}$ | Вид транспортного средства          | $K_{np}$ |
|----------------------------------------------|----------|-------------------------------------|----------|
| Легковые автомобили                          | 1,0      | Автопоезда грузоподъемностью до 6 т | 2,5      |
| Грузовые автомобили грузоподъемностью до 2 т | 1,5      | То же, 12 т                         | 3,0      |
| То же, 6 т                                   | 2,0      | « 20 т                              | 4,0      |
| « 8 т                                        | 2,5      | « 30 т                              | 5,0      |
| « 14 т                                       | 3,0      | « свыше 30 т                        | 6,0      |
| « свыше 14 т                                 | 3,5      | Автобусы                            | 3,5      |
|                                              |          | Мотоциклы с коляской                | 0,75     |
|                                              |          | « и мопеды                          | 0,5      |

Таблица 1.16 - Влияние элементов дороги и окружающей обстановки на пропускную способность [5]

| Элементы, оказывающие влияние       | Протяженность зоны влияния, м |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Населенные пункты                   | 300                           |
| Участки подъемов длиной до 200 м    | 350                           |
| То же длиной более 200 м            | 650                           |
| Кривые в плане радиусом более 600 м | 100                           |
| То же меньше 600 м                  | 250                           |
| Участки с видимостью меньше 100 м   | 150                           |
| То же 100-350 м                     | 100                           |
| То же 350-600 м                     | 50                            |
| Пересечения в одном уровне          | 600                           |

Коэффициент загрузки дороги движением

$$Z = N_q / P, \quad (1.2)$$

где  $N_q$  – расчетная часовая интенсивность движения, авт/ч:

$$N_q = 0,076 N;$$

$N$  – среднегодовая суточная интенсивность движения, авт/сут.

При разработке проектов автомобильных дорог целесообразно, чтобы значения коэффициента загрузки находились в пределах 0,2 – 0,65 при новом строительстве и 0,5 – 0,75 при реконструкции существующих дорог.

Вследствие изменения дорожных условий по длине дороги происходит также изменение пропускной способности дороги. Для ее характеристики целесообразно строить линейные графики пропускной способности дороги и коэффициента загрузки движением.

При этом рекомендуется следующий порядок:

- выделяют отдельные элементы дороги с учетом зон их влияния, протяжение которых принимают по табл. 1.16;
- выписывают значения частных коэффициентов снижения пропускной способности  $\beta_1, \dots, \beta_{15}$  (см. табл. 1.1-1.14);
- разбивают всю дорогу на однородные участки, в пределах каждого из которых сохраняются постоянными значения всех частных коэффициентов снижения пропускной способности;
- для каждого из однородных участков по формуле (1.1) вычисляют пропускную способность и по формуле (1.2) – коэффициент загрузки движением (форма 1);
- строят линейные графики изменения пропускной способности и коэффициента загрузки вдоль дороги («до»);
- на графике выделяют участки, где коэффициент загрузки превышает допустимые значения, и назначают мероприятия по его снижению;
- для решения вопросов о целесообразных способах корректировки проектного решения на участках с недостаточной пропускной способностью рекомендуется анализировать график изменения пропускной способности совместно с графиками коэффициентов аварийности и безопасности;
- учитывая предложенные рекомендации, проверяют значения пропускной способности и коэффициента загрузки с измененными частными коэффициентами снижения пропускной способности, заполняют форму 2 и снова строят линейные графики для соответствующих характеристик дорожного движения («после»).

Форма 1 - Результаты расчета пропускной способности и уровня загрузки до проведения работ по реконструкции

| № участка | $\beta_1$ | $\beta_2$ | $\beta_3$ | $\beta_4$ | $\beta_5$ | $\beta_6$ | $\beta_7$ | $\beta_8$ | $\beta_9$ | $\beta_{10}$ | $\beta_{11}$ | $\beta_{12}$ | $\beta_{13}$ | $\beta_{14}$ | $\beta_{15}$ | $V_{\text{итог}}^{\text{до}}$ | $P^{\text{до}}$ | $P_{\text{пр}}^{\text{до}}$ | $Z^{\text{до}}$ | Рекомендации |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|--------------|
| 1         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |              |              |              |              |              |              |                               |                 |                             |                 |              |
| п         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |              |              |              |              |              |              |                               |                 |                             |                 |              |

Форма 2 - Результаты расчета пропускной способности и уровня загрузки после проведения работ по реконструкции

| № участка | $\beta_1$ | $\beta_2$ | $\beta_3$ | $\beta_4$ | $\beta_5$ | $\beta_6$ | $\beta_7$ | $\beta_8$ | $\beta_9$ | $\beta_{10}$ | $\beta_{11}$ | $\beta_{12}$ | $\beta_{13}$ | $\beta_{14}$ | $\beta_{15}$ | $V_{\text{итог}}^{\text{после}}$ | $P^{\text{после}}$ | $P_{\text{пр}}^{\text{после}}$ | $Z^{\text{после}}$ | Выводы |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------|
| 1         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |              |              |              |              |              |              |                                  |                    |                                |                    |        |
| п         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |              |              |              |              |              |              |                                  |                    |                                |                    |        |

### Практические задания

1. Построить графики пропускной способности и коэффициента загрузки движением с учетом сезона года для участка автомобильной дороги, запроектированного студентом в курсовом проекте №1, по дисциплине ОПАД и ГУ (ИПАД).
2. Оценить уровни удобства движения для данного участка автомобильной дороги.
3. Назначить мероприятия по реконструкции участков дороги, для которых коэффициент загрузки превышает допустимый (требуется выровнять значения пропускной способности и коэффициента загрузки по длине участка дороги).
4. Построить графики пропускной способности и коэффициента загрузки с учетом принятых решений по повышению пропускной способности.
5. Результаты расчетов представить в формах 1 и 2.
6. Сделать выводы по работе.

### Исходные данные

1. Интенсивность в обоих направлениях, авт/сут. – N;
2. Состав транспортного потока: тяжелые грузовики, % - ТГ;  
средние грузовики, % - СГ;  
легкие грузовики, % - ЛГ;  
автобусы, % - А;  
легковые, % - ЛА.

3. Тип пересечения – П.

Исходные данные приведены в таблице 1.17.

Таблица 1.17

| Вариант | N        | Состав потока |    |    |    |    | П                                    |
|---------|----------|---------------|----|----|----|----|--------------------------------------|
|         |          | ТГ            | СГ | ЛГ | А  | ЛА |                                      |
| 1       | 4000 и > | 10            | 15 | 10 | 5  | 60 | В разных уровнях                     |
| 2       | 4500     | 15            | 10 | 15 | 6  | 54 | В одном уровне саморегулируемое      |
| 3       | 5000     | 20            | 5  | 20 | 7  | 48 | В одном уровне канализированное      |
| 4       | 5500     | 10            | 5  | 20 | 10 | 55 | В одном уровне кольцевое             |
| 5       | 6000     | 15            | 10 | 20 | 8  | 47 | В одном уровне со снижением скорости |
| 6       | 6500     | 5             | 20 | 10 | 10 | 55 | В разных уровнях                     |
| 7       | 7000     | 10            | 15 | 15 | 5  | 55 | В одном уровне саморегулируемое      |
| 8       | 7500     | 7             | 14 | 21 | 4  | 54 | В одном уровне канализированное      |
| 9       | 8000     | 11            | 22 | 11 | 5  | 51 | В одном уровне кольцевое             |
| 10      | 8500     | 13            | 26 | 7  | 7  | 47 | В одном уровне со снижением скорости |

|                                                              |                                               |                     |      |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------|------|
| Уровни загрузки                                              | Г(Д)                                          | $0,7 < z \leq 1,0$  | 4 см |
|                                                              | В                                             | $0,45 < z \leq 0,7$ |      |
|                                                              | Б                                             | $0,2 < z \leq 0,45$ |      |
|                                                              | А                                             | $z \leq 0,2$        |      |
| Пропускная способность, <u>авт/ч</u>                         |                                               |                     | 4 см |
| Итоговый коэффициент, $\beta$                                |                                               |                     |      |
| Коэффициенты изменения пропускной способности                | Автобусное движение, $\beta_{15}$             |                     |      |
|                                                              | Ограничение скорости, $\beta_{14}$            |                     |      |
|                                                              | Организация движения, $\beta_{13}$            |                     |      |
|                                                              | Сооружения обслуживания, $\beta_{12}$         |                     |      |
|                                                              | Тип покрытия, $\beta_{11}$                    |                     |      |
|                                                              | Тип укрепления, состояние обочин $\beta_{10}$ |                     |      |
|                                                              | Пересечение в одном уровне, $\beta_9$         |                     |      |
|                                                              | Скорость движения, $\beta_8$                  |                     |      |
|                                                              | Горизонтальные кривые, $\beta_7$              |                     |      |
|                                                              | Расстояние видимости, $\beta_6$               |                     |      |
|                                                              | Продольный уклон, $\beta_5$                   |                     |      |
|                                                              | Состав движения, $\beta_4$                    |                     |      |
|                                                              | Боковые препятствия, $\beta_3$                |                     |      |
|                                                              | Ширина и состояние обочин, $\beta_2$          |                     |      |
| Ширина полосы движения, $\beta_1$                            |                                               |                     |      |
| Интенсивность, <u>авт/ч</u> и количество тяжелых автомобилей |                                               |                     |      |
| Ширина проезжей части и обочин, <u>м</u>                     |                                               |                     |      |
| Расстояние видимости, <u>м</u>                               |                                               |                     |      |
| Продольный уклон, ‰                                          |                                               |                     |      |
| Прямые и кривые                                              |                                               |                     |      |
| План дороги                                                  |                                               |                     |      |
| Километры                                                    |                                               |                     |      |
| 6-7 см                                                       |                                               |                     |      |

Рис. 1. Боковик линейного графика пропускной способности и уровня загрузки

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

### ТЕМА: ИЗУЧЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ХАРАКТЕРНЫХ УЧАСТКАХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ (ГОРОДСКИХ УЛИЦ)

#### ПРИ ОБОСНОВАНИИ РЕКОНСТРУКЦИИ

(4 часа)

#### Теоретическая часть

При разработке проектов реконструкции отдельных участков дороги для построения графика скоростей движения (графика коэффициентов безопасности) могут использоваться данные непосредственных наблюдений за скоростями движения [3, 4, 7, 9].

Скорости движения измеряют на характерных участках, выделенных путем анализа дорожных условий (например: начало и конец подъема (спуска), середина кривой в плане на горизонтальном участке или на участке с продольным уклоном, горизонтальный прямой участок, населенный пункт, мост, пересечение (примыкание) в одном уровне, сужение дороги и т.д.).

Необходимое число замеров скоростей зависит от интенсивности движения и не должно быть менее указанного в табл.1 [5].

Таблица 1

| Интенсивность движения, <i>авт/ч</i> | Количество замеров ( <i>n</i> ) |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| 50                                   | 150                             |
| 100                                  | 100                             |
| 200                                  | 80                              |
| 300                                  | 60                              |
| 500                                  | 50                              |
| 600                                  | 30-40                           |

За характерные для участка дороги принимают скорости: 1) соответствующую 85% (95%) обеспеченности (скорость автомобиля, медленнее которого движется 85% (95%) общего количества автомобилей), причем скорость обеспеченностью 85% принимают для потока, состоящего в основном из легковых автомобилей, а обеспеченностью 95% – для потока смешанного состава; 2) соответствующую 50% обеспеченности (среднюю скорость транспортного потока); 3) соответствующую 15% обеспеченности (скорость, которую превышают 85% автомобилей в потоке, или минимальную скорость транспортного потока). Эти скорости определяют с использованием кумулятивной кривой (рис. 3).

Длину мерного участка для городской дороги (улицы) принимают 20 – 50 м, за городом, где наблюдаются более высокие скорости движения, базовое расстояние с целью повышения точности измерений увеличивают до 100 м.

Данные результаты наблюдений (форма 1) и схему мерного участка студентам выдает преподаватель.

Форма 1

| Номер замера<br>(или число замеров) | Время проезда, $t_i$ , с |
|-------------------------------------|--------------------------|
|                                     |                          |

### Методика обработки результатов измерений

1. Вычерчивается схема участка дороги, где проводится изучение скоростей, указывается число полос, ширина проезжей части обочин, их состояние,  $R_{пл}$ ,  $i_{прод}$ ,  $R_{прод}$ , обозначается мерный участок.

2. Обработку результатов выполняют статистическим методом.

Исходными данными для расчета служат измеренные значения времени ( $t_i$ ) прохождения автомобилями базового расстояния ( $L$ ), общее число измерений ( $n$ ).

При обработке данных наблюдений методами математической статистики установлено, что кривые распределения скоростей движения соответствуют при плотных потоках кривой нормального распределения:

$$P_j = \frac{R_j^*}{s_v \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\bar{V}_j - \bar{V})^2}{2s_v^2}}, \quad (2.1)$$

где  $P_j$  – теоретическое значение частот;  $R_j^*$  – фактическая частота появления значений скоростей в заданном интервале  $\Delta V$  (обычно  $\Delta V$  принимают равным 5 км/ч);  $\sigma_v$  – среднее квадратическое отклонение значений скоростей, км/ч;  $\bar{V}$  – средняя скорость движения всего потока, км/ч;  $\bar{V}_j$  – средняя скорость в заданном интервале, км/ч.

Кривые распределения скоростей при малой интенсивности движения являются полимодальными (т.е. могут иметь одну, две и даже три вершины).

Определяется число разрядов скоростей ( $K$ ) и величина разряда ( $\Delta V$ ):

$$DV = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{1 + 3,31 \lg n}, \quad (2.2)$$

$$K = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{DV}, \quad (2.3)$$

где  $V_{\max}$  – максимальное измеренное значение скоростей км/ч;  $V_{\min}$  – минимальное значение скоростей, км/ч.

Далее ведется расчет среднего значения скорости ( $\bar{V}$ ), дисперсии ( $Dv$ ), среднеквадратического отклонения ( $\sigma_v$ ), частоты ( $P_j^*$ ) и накопленной частоты ( $F_j^*$ ) по формулам:

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^K \bar{V}_j m_j, \quad (2.4)$$

$$Dv = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^K (\bar{V}_j - \bar{V})^2 m_j, \quad (2.5)$$

$$\sigma_v = \sqrt{Dv}, \quad (2.6)$$

$$P_j^* = \frac{m_j}{n}, \quad (2.7)$$

$$F_j^* = \sum_{q=1}^j P_q^*, \quad (2.8)$$

где  $n$  – общее число замеров скоростей;  $\bar{V}_j$  – середина  $j$ -го интервала скоростей;  $m_j$  – количество замеров скорости, отнесенных к  $j$ -му интервалу;  $K$  – число разрядов скоростей.

Затем рассчитывается скорость 85% обеспеченности (если транспортный поток состоит из легковых автомобилей) или скорость 95% обеспеченности при смешанном потоке (легковые и грузовые автомобили), скорости 50% и 15% обеспеченности.

Для этого строятся кривые распределения и кумулятивные кривые скоростей движения. Скорости 85% или 95% обеспеченности принимают за фактическую максимальную скорость транспортного потока.

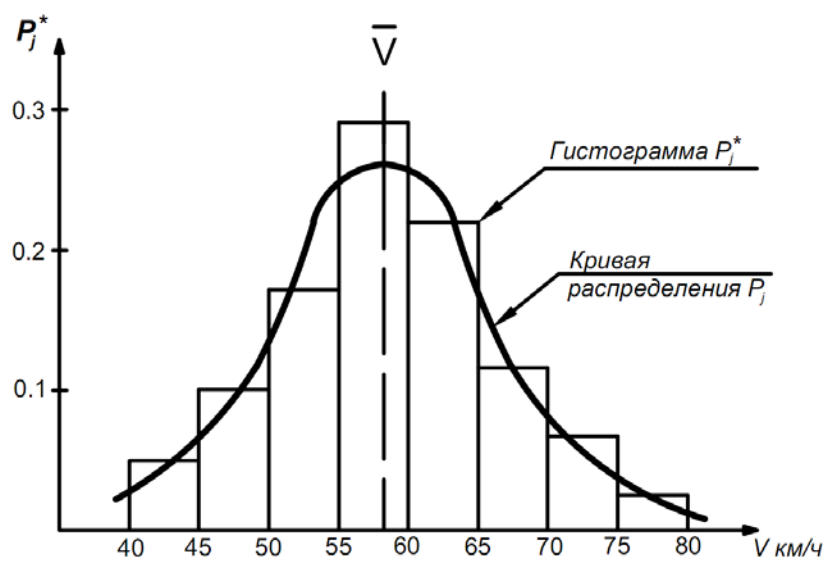


Рис. 2. Гистограмма и кривая распределения скоростей движения

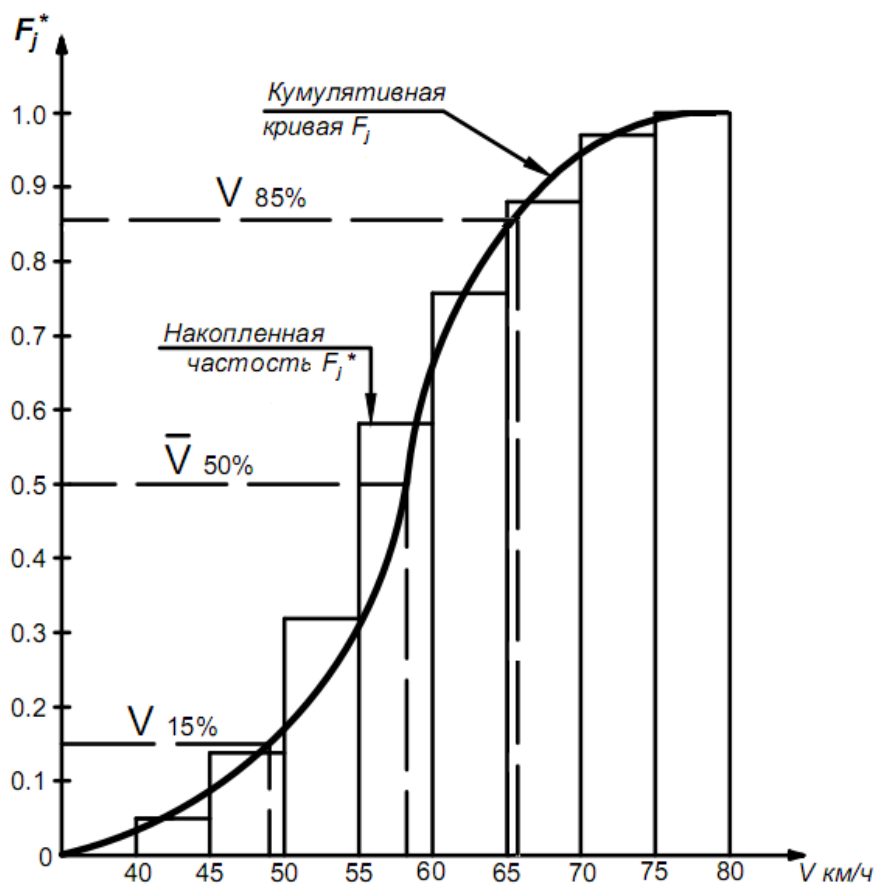


Рис. 3. Кумулятивная кривая

## Практические задания

1. Рассчитать мгновенные скорости движения автомобилей в транспортном потоке, прошедших через заданный мерный участок. Заполнить форму 2.

Форма 2

| Номер замера<br>(число замеров) | Длина<br>базового<br>участка | Время проезда<br>участка, $t_i$ , с | Скорость, м/с | Скорость, км/ч |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------|----------------|
|                                 |                              |                                     |               |                |

2. Выполнить статистическую обработку результатов замеров скоростей и свести данные в форму 3.

Форма 3 - Результаты обработки ряда наблюдений

| №<br>интер-<br>вала,<br>$j=1, K$ | Граница<br>$j$ -го<br>интерва-<br>ла, км/ч | Середина<br>интервала<br>$\bar{V}_j$ , км/ч | Число<br>замеров ско-<br>ростей на<br>интервале,<br>$m_j$ | $\bar{V}_j \cdot m_j$ ,<br>км/ч | $P_j^* = \frac{m_j}{n}$ | $F_j^* = \sum P_j^*$ | Приме-<br>чание |
|----------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------|
|                                  |                                            |                                             |                                                           |                                 |                         |                      |                 |
|                                  |                                            |                                             | $\sum m_j = n$                                            | $\sum \bar{V}_j \cdot m_j$      | $\sum P_j^*$            |                      |                 |

3. Построить: а) гистограмму и кривую распределения скоростей; б) гистограмму и кумулятивную кривую скоростей.

4. Определить графически с помощью кумулятивной кривой максимальную и минимальную скорости транспортного потока для мерного участка.

5. Определить  $N_{\text{час}}$  и  $z$ .

Сделать выводы об однородности состава транспортного потока и скоростном режиме.

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3**  
**ТЕМА: РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ ВЫСОКИХ НАСЫПЕЙ**  
**(ГЛУБОКИХ ВЫЕМОК)**  
**(8 часов)**

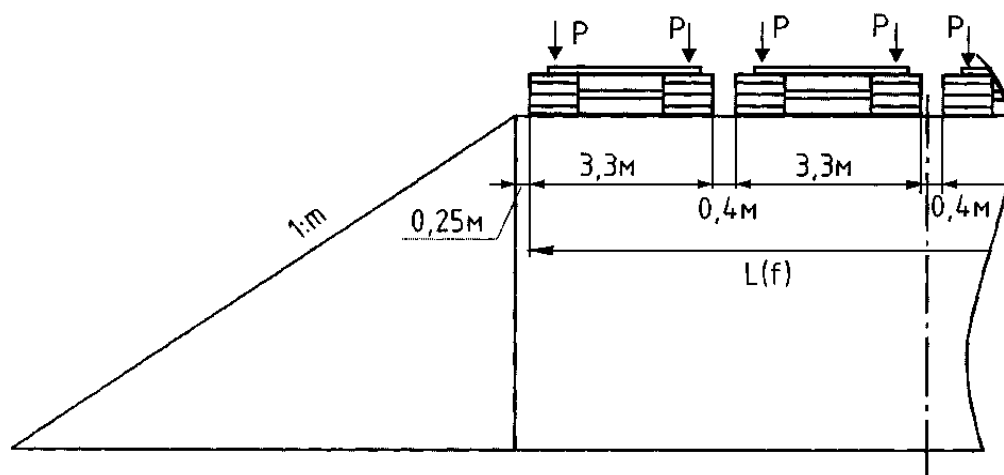
**Теоретическая часть**

В практике дорожного проектирования при расчете устойчивости высоких насыпей (глубоких выемок) получил распространение графоаналитический метод круглоцилиндрических поверхностей шведского ученого Фелле-ниуса [5, 6, 8].

Последовательность выполнения расчета следующая:

- Разрабатывают поперечный профиль насыпи (выемки), задаваясь очертаниями откосов (с устройством бERM и без них).
- Принимают за основную нагрузку при расчетах устойчивости собственный вес грунта.
- В качестве временной нагрузки при расчете устойчивости высоких насыпей принимают гусеничную нагрузку НГ-60 (давление на 1 п.м. гусеницы 60 кН, ширина машины 3,3 м).

Гусеничная нагрузка НГ-60 располагается следующим образом: первая машина располагается на обочине, на расстоянии от бровки не менее 0,25 м, следующая машина на расстоянии 0,4 м от предыдущей. Схему расположения нагрузки смотри ниже (рис. 4).



*Рис.4. Схема расположения гусеничной нагрузки*

$L$  — линия приложения нагрузки численно равна площади, на которую прилагается нагрузка ( $f, м^2$ ), т.к. вырезаем из земляного полотна призму глубиной 1 м.

Подвижная нагрузка заменяется эквивалентным столбом грунта высотой

$$h_{\text{экв}} = \frac{P}{f \gamma_{\text{гр}}}, \quad (3.1)$$

где  $h_{\text{экв}}$  – высота столба грунта, которым заменяется подвижная нагрузка, м;  $P$  – величина подвижной нагрузки, кН (определяется по формуле  $P = n \cdot p$ , где  $n$  – количество гусениц (число четное),  $p = 60$  кН – удельное давление одного погонного метра гусеницы);  $f$  – площадь приложения нагрузки, м<sup>2</sup>;  $\gamma_{\text{гр}}$  – удельный вес грунта насыпи, кН/м<sup>3</sup>.

Определяют положение центров кривых обрушения (скольжения). Построение ведут на миллиметровой бумаге в масштабе 1:200.

Намечают положение кривых скольжения (в наиболее вероятных местах сползания): подошва – бровка земляного полотна, подошва – 0,25В, подошва – 0,5В, подошва – 0,75В (В – ширина земляного полотна поверху) (рис. 4).

Проводят расчет для каждой кривой скольжения.

Отсеченный участок земляного полотна разбивают на ряд вертикальных призм, шириной 2-5 м и толщиной 1 м.

Определяют вес грунта в пределах каждой призмы по формуле:

$$Q_i = \omega_i \cdot \gamma_{\text{гр}}, \quad (3.2)$$

где  $Q_i$  – вес грунта в пределах  $i$ -той призмы, кН;  $\omega_i$  – площадь  $i$ -го отсека, м<sup>2</sup>.

Составляющие (нормальная и касательная к кривой обрушения) силы веса в пределах каждой призмы:

$$N_i = Q_i \cdot \cos \delta_i, \quad (3.3)$$

где  $N_i$  – нормальная составляющая веса грунта в пределах  $i$ -той призмы, кН;  $\delta_i$  – угол наклона отрезков кривой скольжения к горизонтали, вычисляем по его  $\sin$ , пользуясь соотношением  $\sin \delta_i = x_i / R$ ,  $x_i, R$  – определяем графически из схемы (рис. 5).

$$T_i = Q_i \cdot \sin \delta_i, \quad (3.4)$$

где  $T_i$  – касательная составляющая веса грунта в пределах  $i$ -той призмы, кН.

Находят сумму нормальных ( $\sum N$ ) к кривой обрушения и сумму сдвигающих сил ( $\sum T$ ), касательных к кривой обрушения.

Определяют коэффициент устойчивости по формуле:

$$K_Y = \frac{\sum N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi + c \cdot L}{\sum T_i}, \quad (3.5)$$

где  $\varphi$  – угол внутреннего трения грунта насыпи, град.;  $c$  – удельное сцепление грунта насыпи, кН/м<sup>2</sup>;  $L$  – длина кривой обрушения, м.

Результаты расчета сводятся в таблицу (форма 1).

Устойчивость обеспечивается при величине коэффициента устойчивости не менее 1.2.

*При оценке устойчивости насыпи на пойме* следует учитывать водонасыщенную часть грунта насыпи, имеющего прочностные характеристики, соответствующие высокой влажности, и силу гидродинамического давления просачивающейся воды, которая направлена в сторону откоса.

### Последовательность расчета

Расчетный случай – спад высокой воды.

Предварительные построения выполняют в соответствии с вышеприведенной методикой. Грунт делится на сухой и водонасыщенный в пределах выделенной кривой обрушения. Граница деления грунта насыпи на сухой и водонасыщенный совпадает с хордой, стягивающей кривую депрессии. Угол наклона хорды к горизонтали определяется через величину гидравлического градиента (который равен тангенсу угла наклона хорды к горизонтали). Капиллярноувлажненную часть насыпи считают сухой. Удельный вес водонасыщенного грунта:

$$\gamma_{gp}^6 = \frac{(\gamma_{ч.гp} - \gamma_в) \cdot (100 - n)}{100}, \quad (3.6)$$

где  $\gamma_{gp}^6$  – удельный вес водонасыщенного грунта, кН/м<sup>3</sup>;  $\gamma_{ч.гp}$  – удельный вес частиц грунта, кН/м<sup>3</sup>;  $\gamma_в$  – удельный вес воды,  $\approx 10$  кН/м<sup>3</sup>;  $n$  – пористость грунта, %.

Сила гидродинамического давления просачивающейся воды на насыщенную часть выделенного отсека:

$$D = \omega \Psi \gamma_в, \quad (3.7)$$

где  $\omega$  – площадь переувлажненной части выделенного отсека, м<sup>2</sup>, определяют графически;  $\Psi$  – гидравлический градиент (для супесей  $\Psi=0.01-0.025$ , для суглинков и глин  $\Psi=0.025-0.05$ ).

Определяют вес сухой части грунта и водонасыщенной

$$Q_{i \text{ сух}} = \omega_{i \text{ сух}} \cdot \gamma_{гр}, \quad (3.8)$$

$$Q_{i \text{ вл}} = \omega_{i \text{ вл}} \cdot \gamma_{гр}^B. \quad (3.9.)$$

Коэффициент устойчивости равен

$$K_y = \frac{\sum N_{\text{сух}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{сух}} + \sum N_{\text{вл}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{вл}} + c_{\text{вл}} \cdot L_{\text{вл}} + c_{\text{сух}} \cdot L_{\text{сух}}}{(\sum T_{\text{сух}} + \sum T_{\text{вл}}) + D} \geq 1.2.$$

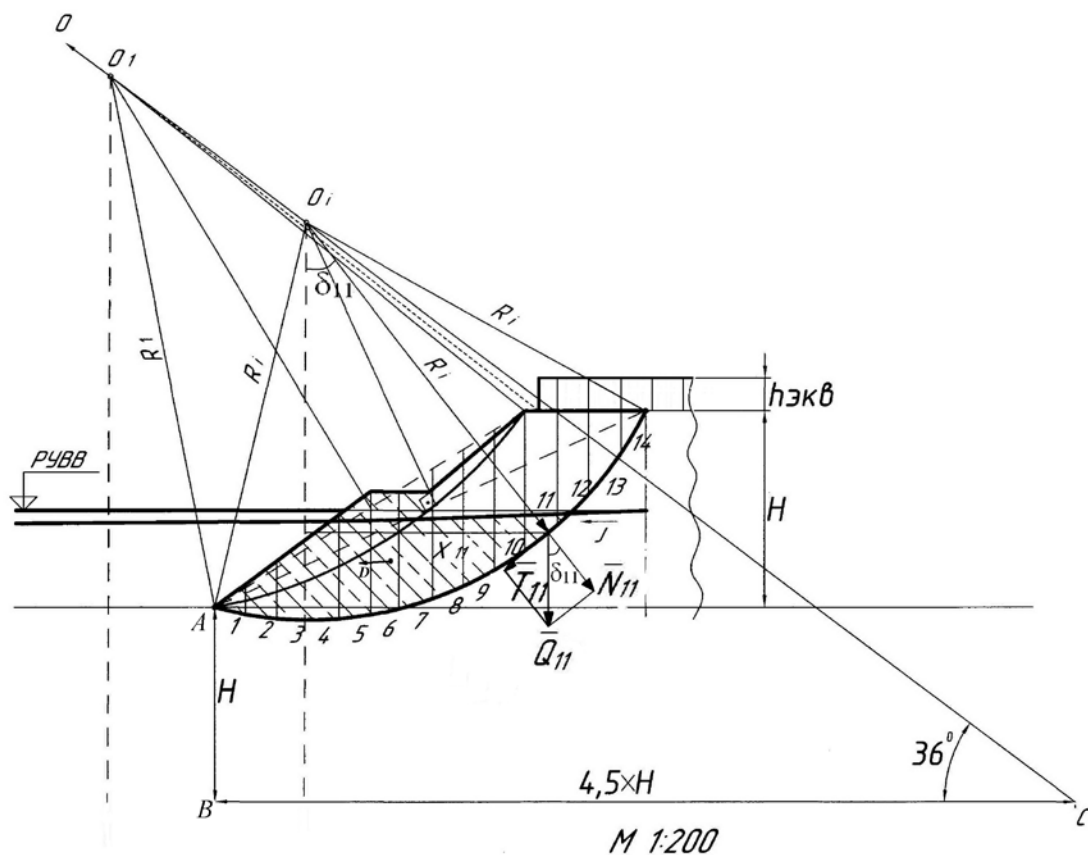


Рис. 5. Схема к расчету устойчивости откоса

Информацию сводим в таблицу (форма 2).

### Практические задания

1. Рассчитать устойчивость откосов высокой насыпи при реконструкции мостовых переходов (форма 1, 2);
2. Назначить мероприятия по повышению устойчивости.
3. Сделать выводы по результатам расчетов.

Форма 1 - Результаты расчета устойчивости откосов высоких насыпей (сложенных из однородных грунтов) графоаналитическим методом круглоцилиндрических поверхностей

| № отсека                                 | X, м | Sin $\delta$ | $\delta, ^\circ$ | Cos $\delta$ | Площадь отсека, $\omega, \text{м}^2$ | Q, кН,<br>$Q = \omega \cdot \gamma_{\text{гр}}$ | N, кН<br>$N = Q \cdot \cos \delta$ | T, кН      | L, м | Примечание |
|------------------------------------------|------|--------------|------------------|--------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------|------------|------|------------|
| 1                                        | 2    | 3            | 4                | 5            | 6                                    | 7                                               | 8                                  | 9          | 10   | 11         |
| Кривая скольжения №..., R=... м, L=... м |      |              |                  |              |                                      |                                                 |                                    |            |      |            |
|                                          |      |              |                  |              |                                      |                                                 | $\Sigma N$                         | $\Sigma T$ |      | $K_y =$    |

Форма 2 - Результаты расчета устойчивости откосов насыпей (сложенных из однородных грунтов) графоаналитическим методом круглоцилиндрических поверхностей (насыпь на пойме)

| № отсека                                 | X, м | Sin, $\delta$ | $\delta, ^\circ$ | Cos, $\delta$ | Площадь отсека, $\omega, \text{м}^2$ |                             | Q, кН<br>$Q = \omega \cdot \gamma_{\text{гр}}$ |          | N, кН<br>$N = Q \cdot \cos \delta$ |                            | T, кН<br>$T = Q \cdot \sin \delta$ |                            | L, м                        |                                 | Примечание |
|------------------------------------------|------|---------------|------------------|---------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------|----------|------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------|
|                                          |      |               |                  |               | сухого                               | переувл.                    | сухого                                         | переувл. | сухого                             | переувл.                   | сухого                             | переувл.                   | $L_{\text{сух}}, \text{м.}$ | $L_{\text{переувл.}}, \text{м}$ |            |
| 1                                        | 2    | 3             | 4                | 5             | 6                                    | 7                           | 8                                              | 9        | 10                                 | 11                         | 12                                 | 13                         | 14                          | 15                              | 16         |
| Кривая скольжения №..., R=... м, L=... м |      |               |                  |               |                                      |                             |                                                |          |                                    |                            |                                    |                            |                             |                                 |            |
|                                          |      |               |                  |               |                                      | $\Sigma \omega_{\text{вл}}$ |                                                |          |                                    |                            |                                    |                            |                             |                                 |            |
|                                          |      |               |                  |               |                                      | D=                          |                                                |          | $\Sigma N_{\text{сух}}$            | $\Sigma N_{\text{переув}}$ | $\Sigma T_{\text{сух}}$            | $\Sigma T_{\text{переув}}$ |                             |                                 |            |

### Исходные данные

1. Высота насыпи – Н, м;
2. Ширина земляного полотна поверху – В, м;
3. Удельный вес грунта –  $\gamma_{гр}$ , кН/м<sup>3</sup>;
4. Влажность грунта в долях от границы текучести – W;
5. Угол внутреннего трения грунта –  $\phi$ ;
6. Удельное сцепление грунта – с, кН/м<sup>2</sup>;
7. Удельный вес частиц грунта –  $\gamma_{ч.гр} \equiv 27$  кН/м<sup>3</sup> ;
8. Пористость грунта  $n=30$  % .
9. Уровень высокой воды – УВВ, м

Исходные данные приведены в таблице 3.1.

Расчетные данные характеристик грунта приведены в приложении 1.

Таблица 3.1 - Исходные данные

| Вариант | Н, м | В, м | Вид грунта        | Влажность грунта     |                      | $\gamma_{гр}$ ,<br>кгс / м <sup>3</sup> | УВВ,<br>м |
|---------|------|------|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------------|-----------|
|         |      |      |                   | $W_1$<br>(от $W_T$ ) | $W_2$<br>(от $W_T$ ) |                                         |           |
| 1       | 15,0 | 10   | Суглинок легкий   | 0,62                 | 0,95                 | 1700                                    | 5         |
| 2       | 14,0 | 12   | Суглинок тяжелый  | 0,60                 | 0,95                 | 1750                                    | 6         |
| 3       | 13,0 | 15   | Супесь тяжелая    | 0,70                 | 0,95                 | 1650                                    | 5         |
| 4       | 12,0 | 12   | Супесь легкая     | 0,68                 | 0,95                 | 1650                                    | 6         |
| 5       | 13,5 | 10   | Суглинок легкий   | 0,68                 | 0,95                 | 1650                                    | 5         |
| 6       | 14,2 | 12   | Суглинок легкий   | 0,70                 | 0,95                 | 1600                                    | 6         |
| 7       | 16,0 | 10   | Суглинок тяжелый  | 0,60                 | 0,95                 | 1750                                    | 5         |
| 8       | 12,5 | 15   | Супесь тяж.пылев. | 0,72                 | 0,95                 | 1650                                    | 6         |
| 9       | 12,0 | 12   | Суглинок лег.пыл. | 0,70                 | 0,95                 | 1700                                    | 5         |
| 10      | 13,0 | 10   | Супесь            | 0,75                 | 0,95                 | 1600                                    | 6         |
| 11      | 13,0 | 15   | Суглинок легкий   | 0,65                 | 0,95                 | 1700                                    | 5         |
| 12      | 12,5 | 12   | Супесь            | 0,75                 | 0,95                 | 1650                                    | 6         |
| 13      | 14,0 | 10   | Суглинок легкий   | 0,70                 | 0,95                 | 1650                                    | 5         |
| 14      | 15,0 | 12   | Суглинок тяжелый  | 0,68                 | 0,95                 | 1750                                    | 6         |
| 15      | 13,5 | 12   | Суглинок          | 0,72                 | 0,95                 | 1750                                    | 5         |
| 16      | 12,1 | 10   | Суглинок легкий   | 0,67                 | 0,95                 | 1600                                    | 6         |
| 17      | 12,2 | 12   | Суглинок легкий   | 0,70                 | 0,95                 | 1600                                    | 5         |
| 18      | 12,3 | 15   | Суглинок легкий   | 0,62                 | 0,95                 | 1600                                    | 6         |
| 19      | 12,4 | 10   | Суглинок тяжелый  | 0,60                 | 0,95                 | 1750                                    | 5         |
| 20      | 12,6 | 12   | Суглинок тяжелый  | 0,72                 | 0,95                 | 1750                                    | 6         |
| 21      | 12,8 | 15   | Суглинок тяжелый  | 0,56                 | 0,95                 | 1750                                    | 5         |
| 22      | 13,0 | 10   | Супесь            | 0,72                 | 0,95                 | 1600                                    | 6         |
| 23      | 13,2 | 12   | Супесь            | 0,74                 | 0,95                 | 1600                                    | 5         |
| 24      | 13,4 | 15   | Супесь            | 0,76                 | 0,95                 | 1600                                    | 6         |
| 25      | 13,6 | 10   | Суглинок легкий   | 0,78                 | 0,95                 | 1700                                    | 5         |

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

### Тема: ОЦЕНКА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ В ОДНОМ УРОВНЕ (4часа)

#### Теоретическая часть

Степень безопасности движения на пересечении дорог в одном уровне зависит от направления перекрещивающихся потоков движения, от относительной интенсивности, числа точек пересечения, разветвлений и слияния потоков, а также от расстояний между этими точками [3, 5, 7, 9,10].

В каждой из указанных точек, называемых «конфликтными», возможны ошибки водителей, приводящие к дорожно-транспортным происшествиям (рис. 6). Чем большее количество автомобилей проходит через ту или иную точку, тем больше вероятность возникновения происшествий.

По методике, предложенной проф. Е.М. Лобановым [5], опасность дорожно-транспортных происшествий можно определить в каждой конфликтной точке:

$$g_i = K_i \cdot M_i \cdot N_i \cdot \frac{25}{K_r} \cdot 10^{-7} \quad (4.1.)$$

где  $M_i$  и  $N_i$  – интенсивности движения транспортных потоков, пересекающихся в данной конфликтной точке, авт/сут;  $K_i$  – коэффициент относительной (сравнительной) аварийности конфликтной точки;  $K_r$  – коэффициент годовой неравномерности движения, принимаемый для европейской части России согласно табл. 4.1. Для других зон для определения его значения должны быть приведены экономические обоснования. Коэффициент 25 введен в формулу для учета влияния среднего количества рабочих дней, в течение которых загрузка дорог резко превышает загрузку в нерабочие дни.

При реконструкции дороги коэффициент  $K_r$  выбирают соответственно времени, когда была измерена интенсивность движения. Для вновь проектируемых дорог для заданной среднегодовой среднесуточной интенсивности движения значение  $K_r$  постоянно и равно 0.0834.

Опасность всего варианта оценивают так:

$$G = \sum_{i=1}^{i=n} g_i, \quad (4.2)$$

где  $G$  – теоретически вероятное количество дорожно-транспортных происшествий на пересечении за один год;  $n$  – количество конфликтных точек.

Степень опасности пересечения оценивают коэффициентом относительной аварийности:

$$K_a = \frac{G \cdot 10^{+7} \cdot K_r}{(M + N) \cdot 25} \quad (4.3.)$$

где  $G$  – количество происшествий на пересечении за 1 год;  $M$  – суточная интенсивность движения на главной дороге, авт/сут;  $N$  – то же для второстепенной дороги, авт/сут;  $K_r$  – коэффициент годовой неравномерности движения.

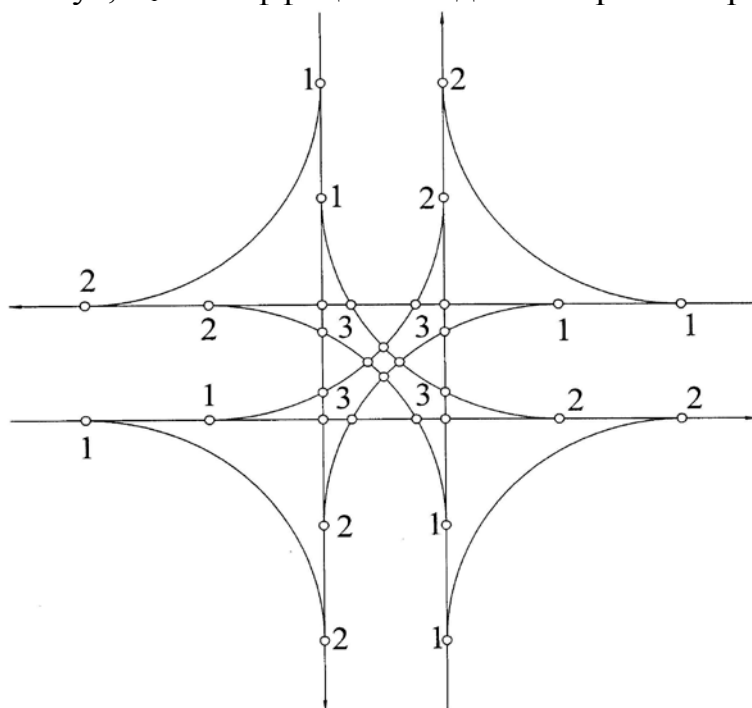


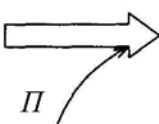
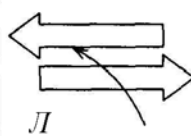
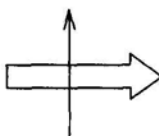
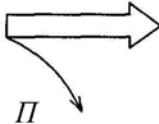
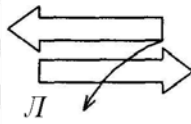
Рис. 6. Схема расположения конфликтных точек на пересечении в одном уровне:

1 – точки разветвления; 2 – точки слияния; 3 – точки пересечения

Таблица 4.1 - Коэффициент годовой неравномерности движения

| Месяцы | Значения $K_r$ при среднегодовой суточной интенсивности движения, авт/сут. |           |           |        |
|--------|----------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|--------|
|        | До 1000                                                                    | 1000-2000 | 2000-6000 | >6000  |
| I      | 0,0885                                                                     | 0,0800    | 0,0510    | 0,0510 |
| II     | 0,0860                                                                     | 0,0660    | 0,0550    | 0,0585 |
| III    | 0,0860                                                                     | 0,0714    | 0,0550    | 0,0670 |
| IV     | 0,0800                                                                     | 0,0750    | 0,0690    | 0,0790 |
| V      | 0,0800                                                                     | 0,0850    | 0,0750    | 0,0850 |
| VI     | 0,0860                                                                     | 0,0714    | 0,0860    | 0,0855 |
| VII    | 0,0816                                                                     | 0,7840    | 0,1160    | 0,1000 |
| VIII   | 0,0875                                                                     | 0,0850    | 0,1230    | 0,1320 |
| IX     | 0,0900                                                                     | 0,1100    | 0,1130    | 0,1080 |
| X      | 0,0840                                                                     | 0,0960    | 0,0870    | 0,0890 |
| XI     | 0,0715                                                                     | 0,0850    | 0,0834    | 0,0800 |
| XII    | 0,0775                                                                     | 0,0790    | 0,0760    | 0,0780 |

Таблица 4.2 - Коэффициент относительной аварийности на пересечениях в одном уровне

| Условия движения                    | Направление движения автомобилей                                                                                      | Характеристика пересечения                                                                                                                                                                           | Значение $K_i$ для пересечения                                     |                                                                    |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                     |                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                      | необорудованного                                                   | канализированного                                                  |
| Слияние потоков<br><br><i>C</i>     | Правый поворот<br><br><i>П</i>       | Радиус поворота:<br>$R < 15$ м<br>$R = 15$ м<br>$R = 15$ м, переходные кривые<br>$R = 15$ м, переходно-скоростные полосы, переходные кривые                                                          | 0,0250<br>0,0040<br>0,0008<br>0,0003                               | 0,0200<br>0,0020<br>0,0008<br>0,0003                               |
|                                     | Левый поворот<br><br><i>Л</i>        | $R = 10$ м<br>$10,0 < R < 25$ м<br>$10,0 < R < 25$ м, переходно-скоростные полосы                                                                                                                    | 0,0320*<br>0,0025*<br>0,0005                                       | 0,0022<br>0,0017*<br>0,0005                                        |
| Пересечение потоков<br><br><i>П</i> |                                     | Угол пересечения:<br>$0 < \alpha \leq 30$<br>$30 < \alpha \leq 50$<br>$50 < \alpha \leq 75$<br>$75 < \alpha \leq 90$<br>$90 < \alpha \leq 120$<br>$120 < \alpha \leq 150$<br>$150 < \alpha \leq 180$ | 0,0080<br>0,0050<br>0,0036<br>0,0056<br>0,0120<br>0,0210<br>0,0350 | 0,0040<br>0,0025<br>0,0018<br>0,0018<br>0,0060<br>0,0105<br>0,0175 |
| Разделение потоков<br><br><i>P</i>  | На правом повороте<br><br><i>П</i> | Радиус поворота:<br>$R < 15$ м<br>$R = 15$ м<br>$R \geq 15$ м, переходные кривые<br>$R > 15$ м, переходные кривые с переходно-скоростной полосой                                                     | 0,0200<br>0,0060<br>0,0005<br>0,0001                               | 0,0200<br>0,0060<br>0,0005<br>0,0001                               |
|                                     | На левом повороте<br><br><i>Л</i>  | $R < 10$ м<br>$10 \leq R < 25$ м<br>$10 < R \leq 25$ м, переходно-скоростные полосы                                                                                                                  | 0,0300<br>0,0040<br>0,0010                                         | 0,0300<br>0,0025<br>0,0010                                         |
| Для поворачивающих потоков          |                                    | Разделение двух потоков                                                                                                                                                                              | 0,0015                                                             | 0,0010                                                             |
|                                     | <br><i>ПЛЛ</i>                     | Пересечение двух левоповоротных потоков                                                                                                                                                              | 0,0020                                                             | 0,0005                                                             |
|                                     |                                    | Слияние двух поворачивающих потоков                                                                                                                                                                  | 0,0025                                                             | 0,0012                                                             |

\* для определения  $K_i$  в этом случае данные таблицы нужно умножать на коэффициент  $K_\alpha$

|                              |       |     |         |     |     |     |     |
|------------------------------|-------|-----|---------|-----|-----|-----|-----|
| Угол пересечения дорог, град | До 30 | 40  | 50 ÷ 75 | 90  | 120 | 150 | 180 |
| $K_a$                        | 1,8   | 1,2 | 1,0     | 1,2 | 1,8 | 2,1 | 3,4 |

По значению  $K_a$  можно судить о степени опасности пересечения:

|                       |           |             |         |               |
|-----------------------|-----------|-------------|---------|---------------|
| $K_a$                 | <3        | 3,1-8       | 8,1-12  | >12           |
| Опасность пересечения | неопасное | малоопасное | опасное | Очень опасное |

Для каждого из вариантов пересечений определяют значение  $K_a$ . Чем оно меньше, тем удачнее схема пересечения. Если на вновь проектируемом пересечении в одном уровне коэффициент аварийности превышает 8, должна быть разработана новая схема пересечения.

На существующих дорогах в процессе эксплуатации при  $K_a < 8$  предусматривают обеспечение видимости примыкающих дорог с пересечением, устанавливают дорожные знаки и указатели. При  $K_a = 8 \div 12$  выполняют те же мероприятия, что и в предыдущем случае, а также наносят разметку проезжей части. При  $K_a = 12 \div 16$  устраивают островки на второстепенной дороге, наносят разметку проезжей части. При  $K_a > 16$  строят полностью канализированное пересечение или заменяют крестообразное пересечение кольцевым (Приложение 2). Значения коэффициентов относительной аварийности на пересечениях в одном уровне для разных конфликтных точек приведены в табл. 4.2.

При высокой интенсивности поворачивающих налево автомобилей целесообразно устраивать кольцевые пересечения, опасность движения по которым в 2 - 2,5 раза меньше, чем по крестообразным, поскольку маневры пересечения транспортных потоков заменяются менее опасными маневрами слияния и разделения потоков.

### Практические задания

1. Присвоить каждой конфликтной точке на пересечении порядковый номер и определить интенсивность всех пересекающихся в этой точке транспортных потоков.
2. Построить картограмму интенсивности движения на пересечении [авт/сут].
3. Рассчитать опасность ДТП для каждой конфликтной точки  $q_i$  и свести результаты расчетов в форму 1.
4. Определить степень опасности всего пересечения по формуле 4.3.

5. Сделать вывод о степени опасности пересечения и дать рекомендации по его перепланировке.

Таблица 4.3 - Протокол интенсивности движения на пересечении (исходные данные к расчетам), авт/час.

| Поток,<br>N/вариант,<br>№ | 1   | 2   | 3   | 4   | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1                         | 56  | 80  | 53  | 29  | 10 | 9  | 16 | 18 | 17 | 6  | 16 | 34 |
| 2                         | 177 | 154 | 107 | 62  | 4  | 14 | 35 | 36 | 32 | 11 | 23 | 63 |
| 3                         | 82  | 77  | 42  | 34  | 52 | 6  | 11 | 16 | 3  | 16 | 19 | 6  |
| 4                         | 151 | 134 | 77  | 58  | 9  | 5  | 19 | 7  | 36 | 25 | 45 | 19 |
| 5                         | 61  | 101 | 60  | 75  | 20 | 14 | 40 | 5  | 15 | 41 | 18 | 19 |
| 6                         | 59  | 92  | 95  | 64  | 25 | 5  | 11 | 36 | 17 | 16 | 23 | 34 |
| 7                         | 90  | 120 | 50  | 73  | 10 | 34 | 15 | 40 | 10 | 25 | 5  | 10 |
| 8                         | 110 | 80  | 79  | 78  | 15 | 23 | 28 | 15 | 4  | 19 | 4  | 22 |
| 9                         | 180 | 160 | 98  | 86  | 7  | 16 | 7  | 29 | 32 | 21 | 11 | 14 |
| 10                        | 151 | 201 | 75  | 110 | 5  | 36 | 19 | 10 | 18 | 5  | 19 | 9  |

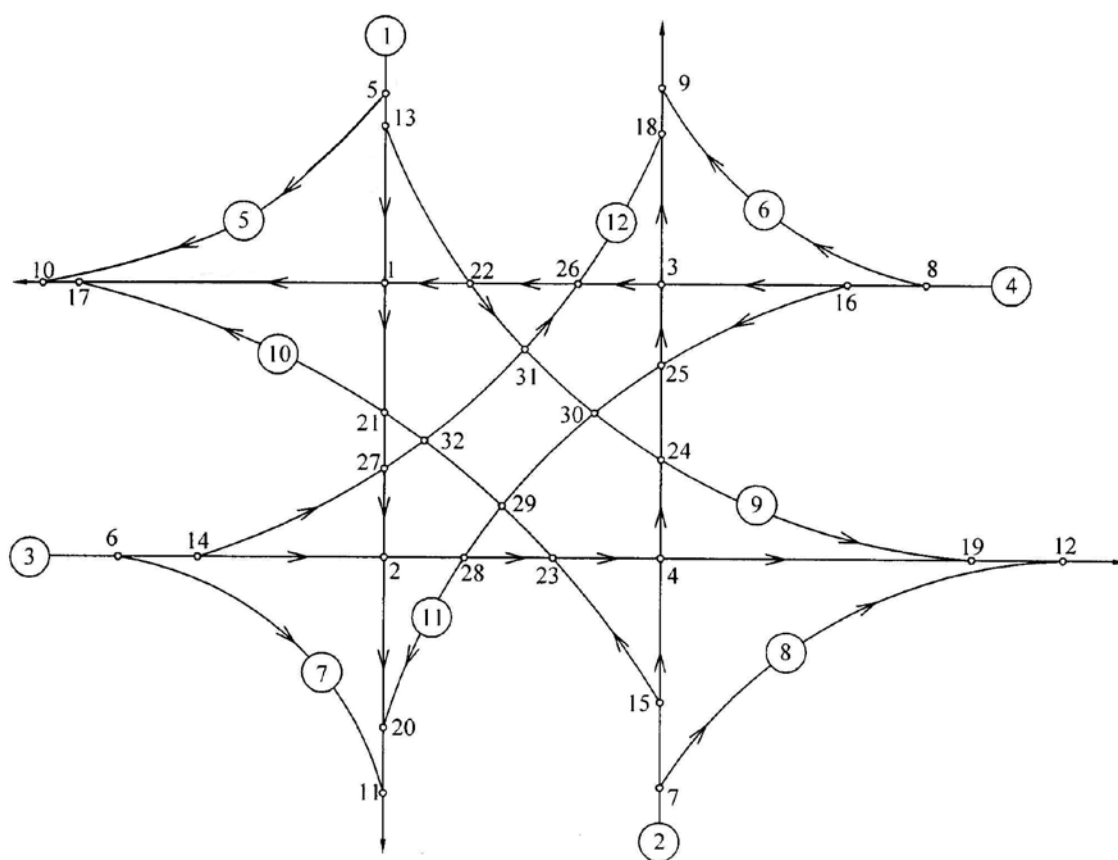
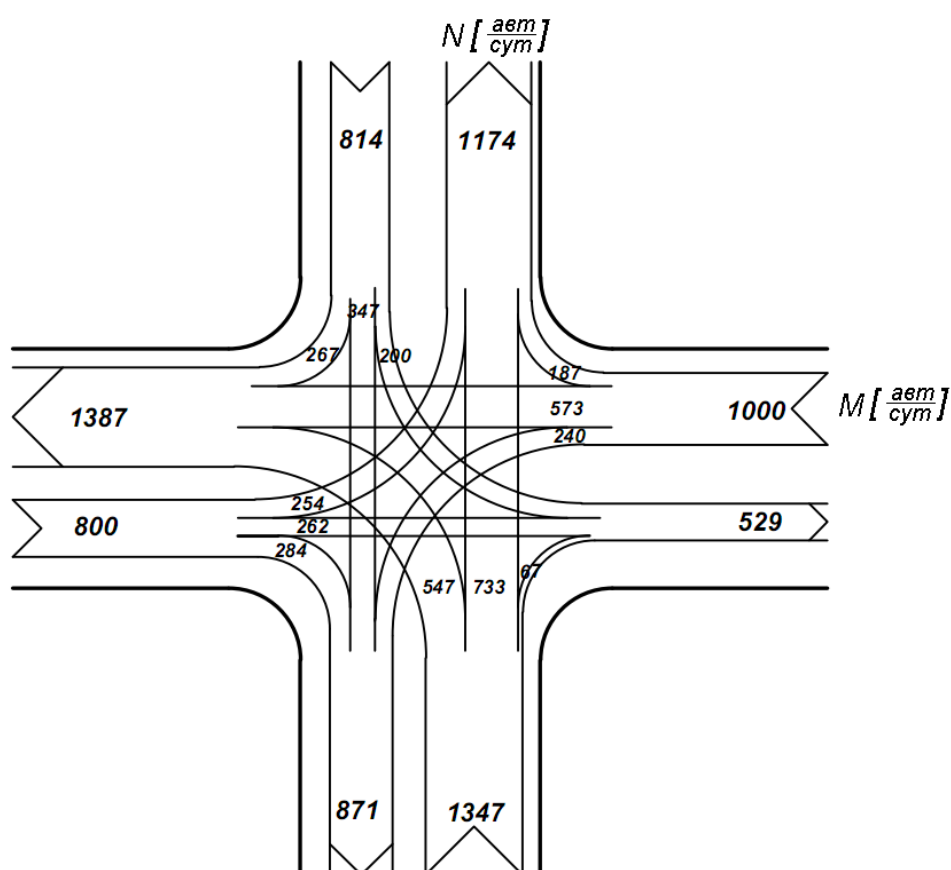


Рис. 7. Схема пересечения, транспортные потоки, конфликтные точки, интенсивности движения потоков, [авт/сут]

Форма 1. - Оценка степени опасности конфликтной точки

| Номер точки $i$ | Характеристика точки (слияние, пересечение, разделение) | Интенсивность по направлениям, авт/сут |       | $K_i$ | $g_i \cdot 10^{-7}$ |
|-----------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------|-------|---------------------|
|                 |                                                         | $N_i$                                  | $M_i$ |       |                     |
| 1               | 2                                                       | 3                                      | 4     | 5     | 6                   |
|                 |                                                         |                                        |       |       |                     |

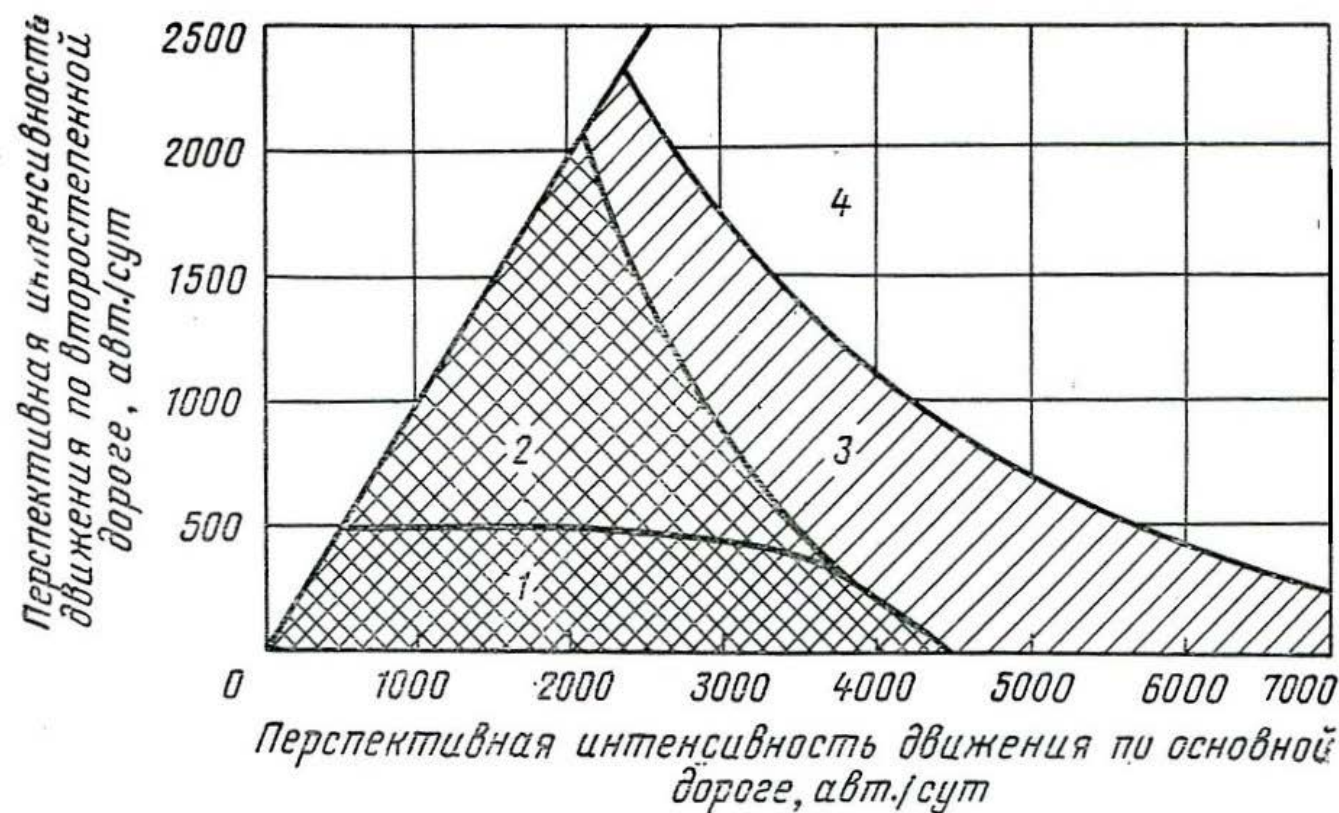


Масштаб в 1мм : 100 авт/сут

Рис. 8. Пример масштабной картограммы интенсивности движения, [авт/сут]

## Приложение 1

| Грунт                                                                   | Обозначения<br>и измеритель | Расчетные значения характеристик при влажности грунта, доли от $W_T$ |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                                         |                             | 0,5                                                                  | 0,55  | 0,6   | 0,65  | 0,7   | 0,75  | 0,8   | 0,85  | 0,9   | 0,95  |
| Супесь легкая                                                           | $E_{гр}$ , МПа              | 70                                                                   | 60    | 56    | 53    | 49    | 45    | 43    | 42    | 41    | 40    |
|                                                                         | $\varphi_{гр}$ , град       | 37                                                                   | 36    | 36    | 36    | 35    | 35    | 34    | 34    | 33    | 33    |
|                                                                         | $c_{гр}$ , МПа              | 0,015                                                                | 0,014 | 0,014 | 0,013 | 0,012 | 0,011 | 0,010 | 0,009 | 0,008 | 0,007 |
| Песок пылеватый                                                         | $E_{гр}$ , МПа              | 96                                                                   | 90    | 84    | 78    | 72    | 66    | 60    | 54    | 48    | 43    |
|                                                                         | $\varphi_{гр}$ , град       | 38                                                                   | 38    | 37    | 37    | 36    | 35    | 34    | 33    | 32    | 31    |
|                                                                         | $c_{гр}$ , МПа              | 0,026                                                                | 0,024 | 0,022 | 0,018 | 0,014 | 0,012 | 0,011 | 0,010 | 0,009 | 0,008 |
| Суглинок легкий<br>и тяжелый, глина                                     | $E_{гр}$ , МПа              | 108                                                                  | 90    | 72    | 50    | 41    | 34    | 29    | 25    | 24    | 23    |
|                                                                         | $\varphi_{гр}$ , град       | 32                                                                   | 27    | 24    | 21    | 18    | 15    | 13    | 11    | 10    | 9     |
|                                                                         | $c_{гр}$ , МПа              | 0,045                                                                | 0,036 | 0,030 | 0,024 | 0,019 | 0,015 | 0,011 | 0,009 | 0,006 | 0,004 |
| Супесь пылеватая,<br>тяжелая пылеватая,<br>суглинок легкий<br>пылеватый | $E_{гр}$ , МПа              | 108                                                                  | 90    | 72    | 54    | 46    | 38    | 32    | 27    | 26    | 25    |
|                                                                         | $\varphi_{гр}$ , град       | 32                                                                   | 27    | 24    | 21    | 18    | 15    | 13    | 11    | 10    | 9     |
|                                                                         | $c_{гр}$ , МПа              | 0,045                                                                | 0,036 | 0,030 | 0,024 | 0,016 | 0,013 | 0,010 | 0,008 | 0,005 | 0,004 |



Номограмма для выбора типа пересечения:

1 — необорудованные пересечения; 2 — частично канализируемые пересечения с направляющими островками на второстепенной дороге; 3 — канализирование пересечения с направляющими островками на второстепенной и главной дорогах и переходно-скоростными полосами на главной дороге; 4 — пересечения в разных уровнях

### Библиографический список

1. Строительные нормы и правила. СНиП 2.05.02-85: Автомобильные дороги. - Введ. 01.01.87 – Москва: Стройиздат, 1986. – 51 с.
2. Руководство по оценке пропускной способности автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР. – Москва: Транспорт, 1982. – 88 с.
3. Сильянов, В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог / В. В. Сильянов, Э. Р. Домке. – 3-е изд., стер. - Москва: Академия, 2009. – 346, [1] с.
4. Справочник инженера-дорожника / под ред. А. П. Васильева. – Москва: Транспорт, 1989. – 287 с.
5. Справочник инженера-дорожника / под ред. Г.А. Федотова. – Москва: Транспорт, 1989. – 559 с.
6. Бабков, В. Ф. Проектирование автомобильных дорог: учебник: [в 2 ч.] Ч. 2 / В. Ф. Бабков, О. В. Андреев. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Техиздат, 2011. - 414, [1] с. : ил.
7. Федотов, Г. А. Изыскания и проектирование мостовых переходов: учеб. пособие для вузов/ Г. А. Федотов. - Москва : Академия, 2005. – 304 с.
8. Васильев, А. П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения: учебник для вузов / А. П. Васильев, В. М. Сиденко; под ред. А. П. Васильева. - Москва: Транспорт, 1990. – 304 с.
9. Реконструкция автомобильных дорог: учебник / В. Ф. Бабков, В. М. Могилевич, В. К. Некрасов и др. ; под ред. В. Ф. Бабкова. - Москва: Транспорт, 1978. – 264 с.

---

Подписано в печать 30.10.2014. Усл. печ. л. . Тираж экз.

Печать офсетная. Бумага офисная. Заказ № \_\_\_\_\_

---

Отпечатано: РИО ВоГУ, г. Вологда, ул. С. Орлова, 6