



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Автомобильные дороги»

Учебное пособие

на выполнение лабораторной работы №4
«ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО
ПРОФИЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ В
ROBUR» по дисциплине

«Автоматизированное проектирование дорог»

для подготовки бакалавров
Направление 08.03.01 «Строительство»
Профиль подготовки «Автомобильные
дороги»

Автор
Терюкова Л.И.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Излагаются основные положения по проектированию продольного профиля автомобильной дороги на базе программного комплекса ROBUR.

Методическое пособие предназначено для студентов по направлению 08.03.01 «Строительство». Профиль подготовки – «Автомобильные дороги».

Автор

к.т.н., доцент
кафедры «АД»
Терюкова Л.И.





Оглавление

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ	
ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ	4
ЛИТЕРАТУРА.....	25

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Цель лабораторной работы – ознакомление с технологией и особенностями проектирования продольного профиля автомобильной дороги в системе ROBUR.

Приборы, оборудование и материалы: Для выполнения лабораторной работы используются персональный компьютер, программа ROBUR.

Теоретические сведения:

Продольный профиль автомобильной дороги строится в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ Р 21.1703-2000 на специальной сетке продольного профиля.

Основой для проложения проектной линии продольного профиля являются:

- черный профиль по оси трассы;
- контрольные точки;
- плановое положение проектной линии;
- климатические характеристики (тип местности по характеру и условиям увлажнения, высота расчетного снегового покрова и др.);
- гидрологические условия;
- технические нормы проектирования ;
- различные рекомендации по назначению отдельных параметров и сочетанию элементов плана, профиля и поперечного профиля дороги.

Условно различают два способа нанесения проектной линии: «*по обертывающей*» и «*по секущей*».

На участках местности со спокойными плавными формами рельефа продольный профиль проектируют «**по обертывающей**», следующей очертанию земли, на участках с резко пересекаемым рельефом – положение проектной линии устанавливают «**по секущей**» с устройством чередующихся выемок и насыпей [1].

В случае, когда грунт из выемок пригоден для использования для отсыпки насыпей, стремятся к сбалансированности земляных масс. Это условие выполняется в том случае, когда проектная линия расположена таким образом, что площадь участков выемок на продольном профиле на 25-30% меньше площади насыпей [2].

Задание: Для освоения технологии проектирования продольного профиля автомобильной дороги

предлагается выполнить типовое задание, которое базируется на результатах предыдущей лабораторной работы (работа 3). Дополнительно задаются: район проектирования и тип местности по характеру и условиям увлажнения.

Последовательность включает в себя выполнение следующих задач:

- создание черного профиля;
- настройка сетки профиля рабочего окна проекта;
- создание линии тангенсов;
- назначение контрольных точек;
- черновое редактирование линии тангенсов продольного профиля;
- вписывание вертикальных кривых и согласование элементов плана и профиля;
- автоматизированный контроль ошибок, чистовое редактирование продольного профиля;
- контроль видимости в продольном профиле;
- формирование чертежа продольного профиля.

Ход работы:

Основные команды проектирования продольного профиля дороги находятся в разделе программы Профиль.

Откройте проект работы 3 и переключитесь на соответствующий раздел:

Меню/Профиль/Показать окно.

Откроется пустое окно, в нижней части которого будут отображены элементы плана трассы.

Создание черного профиля

Для построения черного профиля следует использовать команду **Создать черный профиль**.

Черный профиль может быть получен одним из трех предлагаемых методов (Рисунок 1):

1. по ЦМР;
2. из текстового файла;
3. по поперечникам.

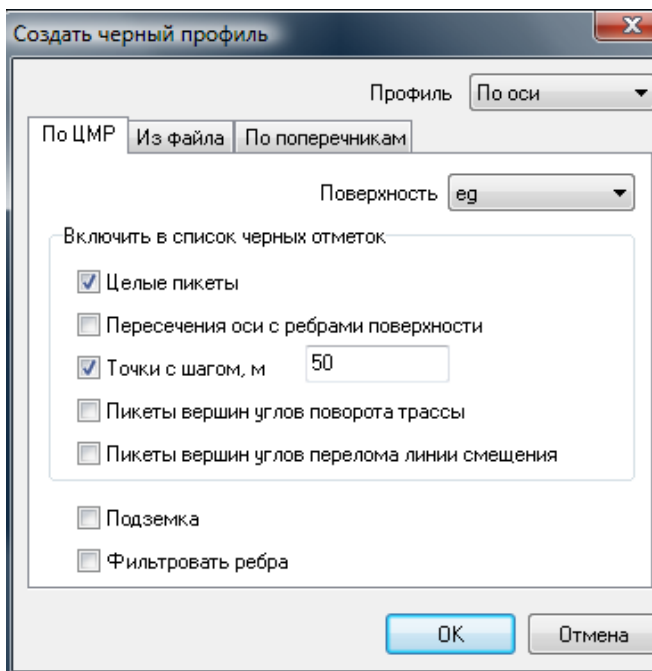


Рисунок 1

Чтобы создать черный профиль по ЦМР необходимо иметь поверхность существующей земли и ось трассы.

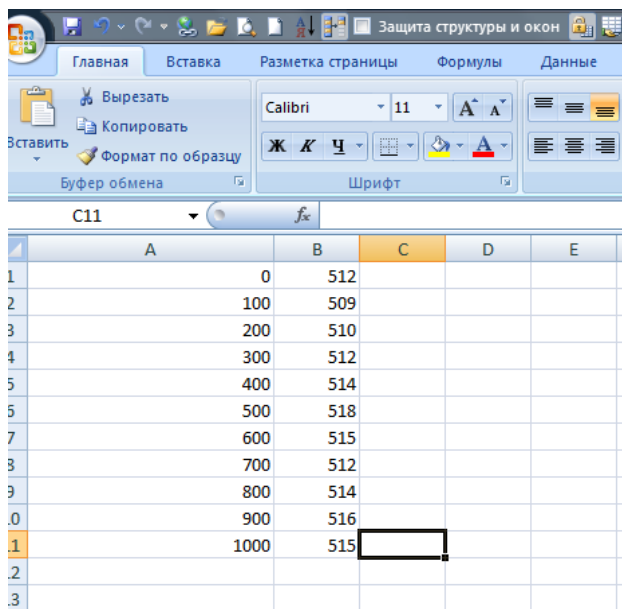
Исходная Лабораторная работа 3 имеет эти данные, поэтому используем в практической работе первый метод, уточнив точность построения профиля: Отмечаем Включить в список черных отметок Целые пикеты и точки с шагом 50 м (Рисунок 1).

Черный профиль может быть загружен из текстового файла, в котором в каждой строке, через пробел, записаны пара чисел: расстояние от начала трассы и отметка точки [3].

Последовательность:

1. Создайте в Excel два столбца: расстояние в метрах от начала трассы и отметка земли:

Автоматизированное проектирование дорог



	A	B	C	D	E
1	0	512			
2	100	509			
3	200	510			
4	300	512			
5	400	514			
6	500	518			
7	600	515			
8	700	512			
9	800	514			
10	900	516			
11	1000	515			
12					
13					

Рисунок 2

- Сохраните файл в текстовом формате с разделителями табуляции

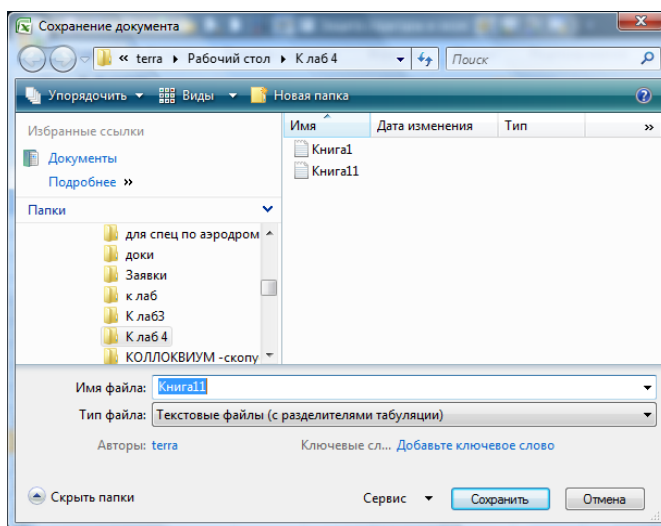


Рисунок 3

3. Обязательно задайте план трассы хотя бы прямой линией нужной длины
4. Примените команду Создать черный профиль из файла, указав место расположение файла (Рисунок 4)

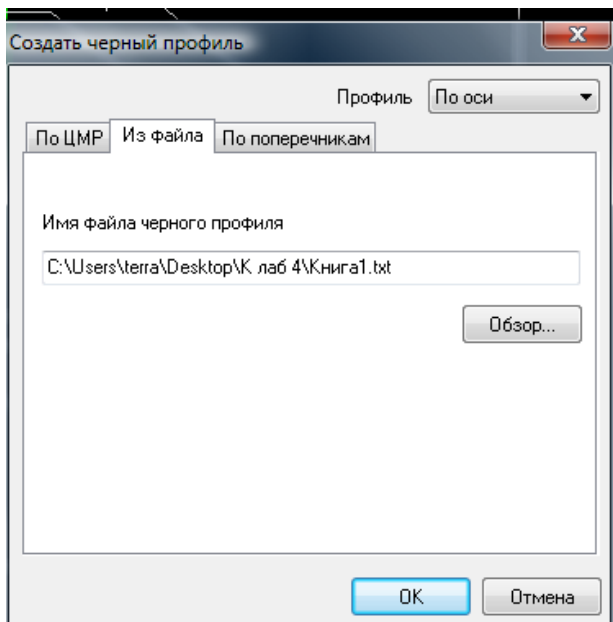


Рисунок 4

В соответствии с заданным масштабом черный профиль отобразится в окне.

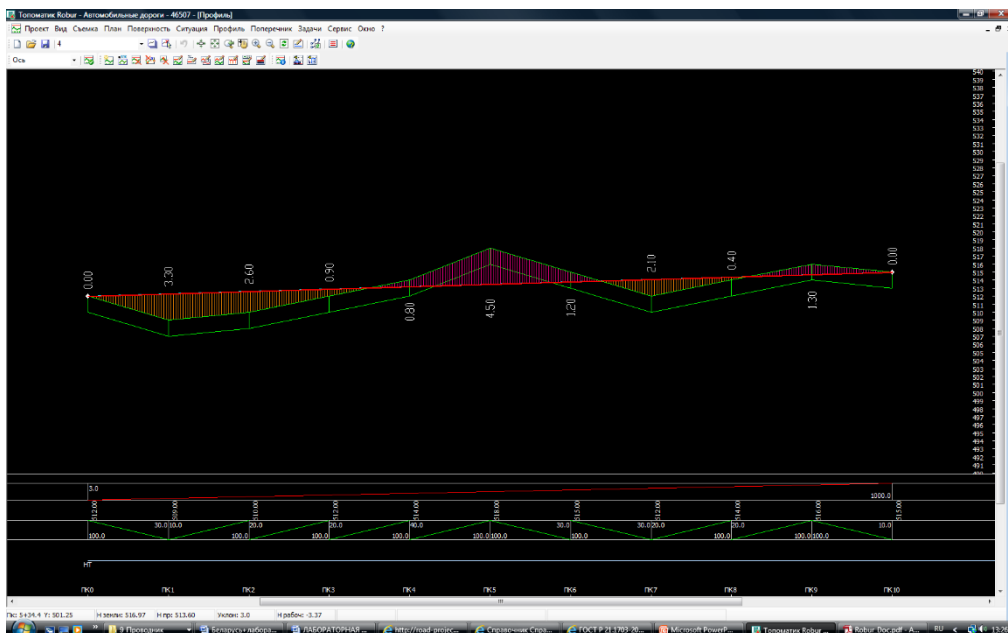


Рисунок 5

Третий способ используется в том случае, когда поперечники набраны вручную или импортированы из другой программы (в рамках учебной программы не изучается) (Рисунок 6).

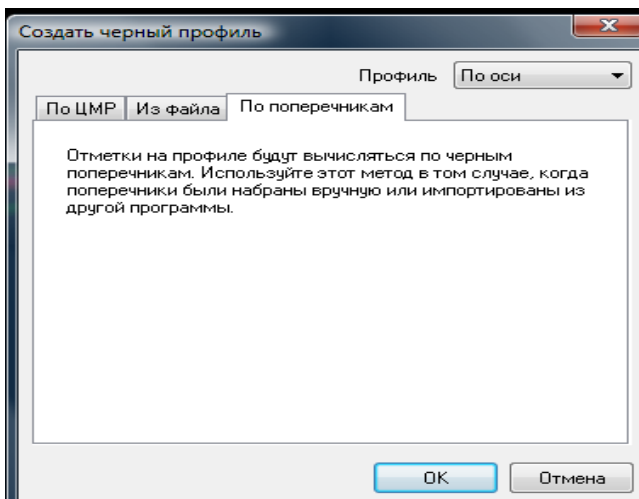


Рисунок 6

Настройка сетки профиля рабочего окна проекта

В меню Профиль выберите команду **Менеджер сетки профиля**.

Для работы над положением тангенциального хода достаточно отметить строки сетки профиля в соответствии с рисунком 7.

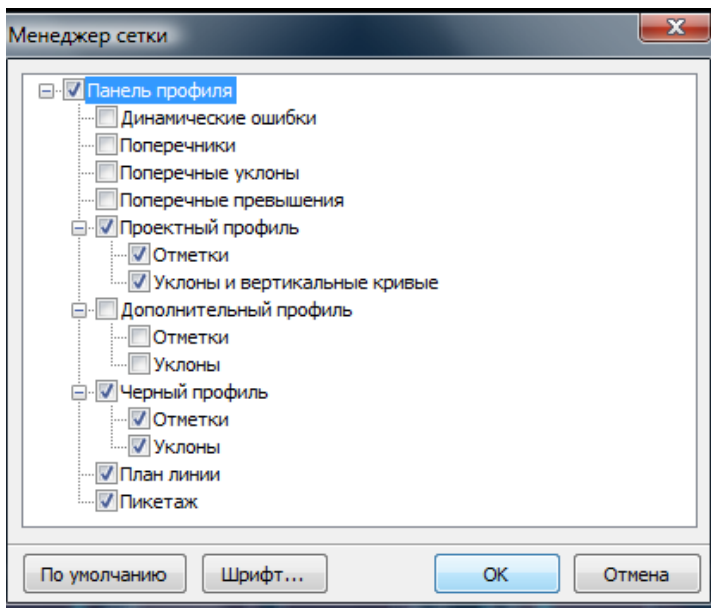


Рисунок 7

Создание линии тангенсов

В большинстве случаев в Задании ЦМР содержит равнинный рельеф местности, поэтому следует использовать метод проектирования «по обертывающей», т.е. проектировать продольный профиль в насыпях наименьшей высоты.

По условиям увлажнения верхней толщии грунтов различают три типа местности:

1-й – «сухие участки»; поверхностный сток обеспечен, грунтовые воды залегают глубоко и не оказывают влияния;

2-й – «сырые участки» с избыточным увлажнением в отдельные периоды года; Поверхностный сток не обеспечен, подземные воды залегают ниже глубины промерзания грунтов; почвы с признаками поверхностного заболачивания; весной и осенью появляется застой воды на поверхности;

3-й – «мокрые» участки с постоянным избыточным увлажнением.

Подземные воды или длительно стоящие (более 30 суток) поверхностные воды залегают выше глубины промерзания грунтов; почвы торфяные, оглеенные с признаками заболачивания.

Подземные воды не оказывают существенного влияния на увлажнение верхней толщи грунтов, если уровень подземных вод в предморозный период залегает ниже расчетной глубины промерзания на:

2 м и более — в глинах, суглинках пылеватых;

1,5 м и более — в суглинках, супесях пылеватых;

1 м и более — в супесях, песках пылеватых.

Наименьшая высота насыпи для первого типа местности определяется согласно п.7.34 СП 34.13330.2012 на участках дорог, проходящих по открытой местности, по условию снегонезаносимости во время метелей по формуле :

$$h_p = h_{сн} + \Delta h, \quad (1)$$

где:

h – высота незаносимой насыпи, м;

h_s – расчетная высота снегового покрова в месте, где возводится насыпь, с вероятностью превышения 5 %, м (при отсутствии указанных данных допускается упрощенное определение h_s по методическим указаниям [6]);

Δh – возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова, необходимое для обеспечения ее незаносимости, м.

Возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова необходимо назначать, м, не менее:

1,2 – для дорог – категории I;

0,7 – для дорог – категории II ;

0,6 – для дорог – категории III ;

0,5 – для дорог – категории IV ;

0,4 – для дорог – категории V .

Руководящую отметку для второго типа местности по увлажнению определяют:

$$h_p = h_v + h_{норм} - c^* i_{об}, \quad (2)$$

где

h_v – высота воды у подошвы насыпи;

$h_{норм}$ – нормируемое возвышение поверхности покрытия над

уровнем стоящих вод (табл. 7.2[6]);

c – ширина обочины;

$i_{об}$ – уклон обочины.

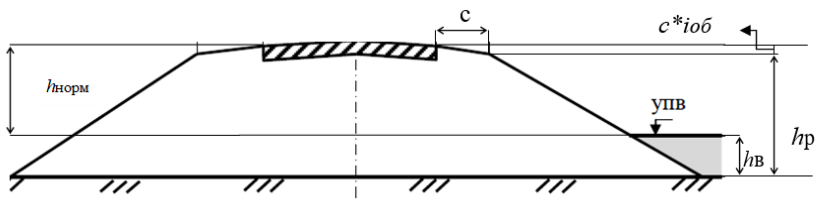


Рисунок 8

Для обеспечения устойчивости и прочности рабочего слоя земляного полотна и дорожной одежды возвышение поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 сут) стоящих поверхностных вод, а также над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 сут) стоящих поверхностных вод должно соответствовать требованиям таблицы 7.2 [5].

Руководящую отметку для третьего типа местности по увлажнению определяют по формуле 2 или 3, если источником постоянного увлажнения являются грунтовые воды, по формуле:

$$h_p = h_{норм} - h_{гв} - c \cdot i_{об}, \quad (3)$$

где

$h_{гв}$ – глубина залегания грунтовых вод.

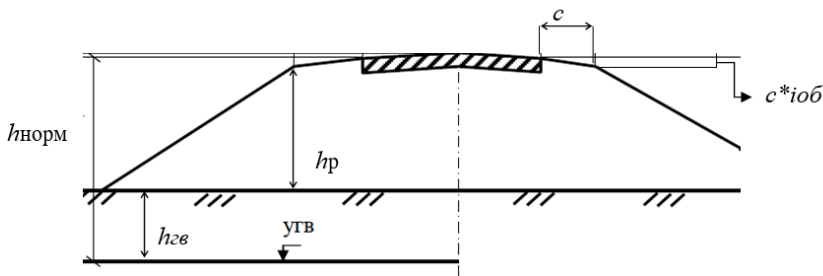


Рисунок 9

Проектирование проектной линии продольного профиля классическим методом основано на ломаном (тангенциальном) ходе, в изломы которого вписывают дуги круговых кривых.

В ROBUR предусмотрена команда, позволяющая максимально реализовать принцип обертывания существующей поверхности, это **Проектировать по руководящей отметке**.

При вызове команды открывается окно (Рисунок 10)

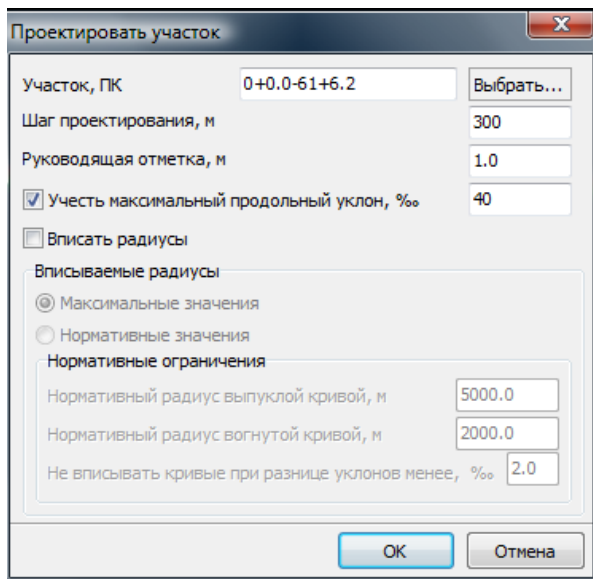


Рисунок 10

В зависимости от условий можно проектировать по участкам (для этого использовать кнопку Выбрать) или всю трассу целиком. В любом случае следует обращать внимание на значения границ участка. Если в окне Участок имеются знаки вопросов, то это говорит о наличии ошибок в разбивке пикетажа.

В этом случае необходимо вернуться в окно План трассы и выполнить разбивку; как правило, после последовательного выполнения шагов, границы участка будут определены.

Шаг проектирования – расстояние между вершинами в продольном профиле, его рекомендуется назначать не менее 300м.

Если при проектировании плана трассы не была задана категория, то максимальный уклон в продольном профиле следует назначить вручную согласно требованиям таблицы 5.3 [5]

В результате выполнения команды первоначальный план будет отображен в окне (Рисунок 11).

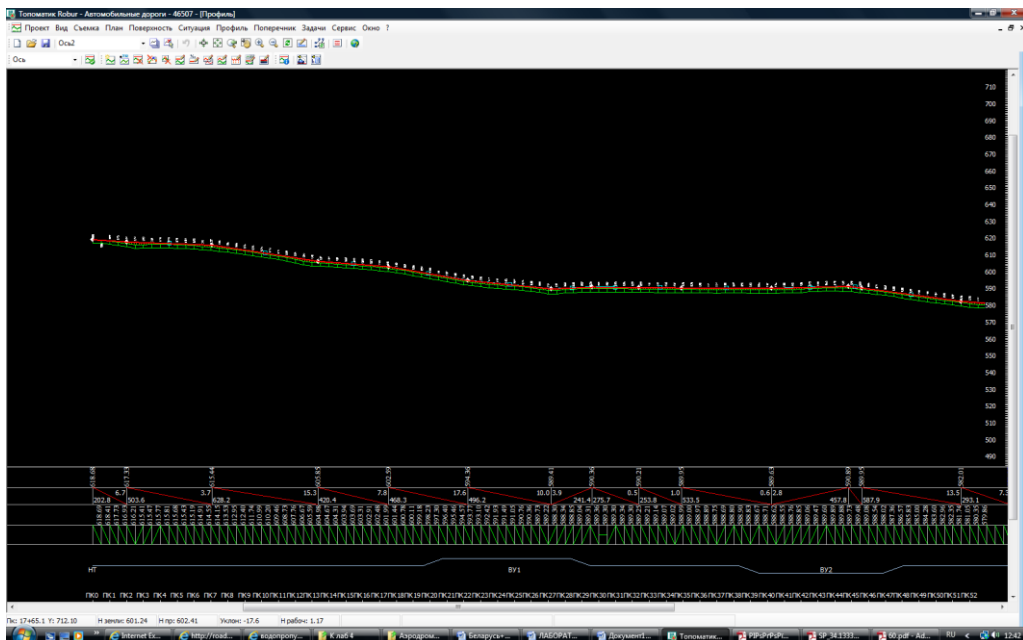


Рисунок 11

Требуется откорректировать проектную линию с учетом положения контрольных точек.

Назначение контрольных точек

Контрольные точки подразделяют на **фиксированные** и **ограничивающие**.

Под **фиксированными контрольными точками** понимают точки на профиле, через которые обязательно должна пройти проектная линия (высотное положение не может быть изменено).

К фиксированным относят:

- точки пересечения в одном уроне с автомобильными дорогами;
- точки пересечения в одном уроне с железными дорогами (в уровне головок рельсов);
- точки сопряжения с существующей вертикальной планировкой населенных пунктов;

– отметки проезжих частей при использовании существующих мостов и путепроводов и др.

Ограничивающие точки подразделяют в зависимости от накладываемого ограничения на:

- ограничивающие по принципу **«не ниже»;**
- ограничивающие по принципу **«не выше».**

Классическим примером ограничивающих точек по принципу **«не ниже»** являются места расположения водопропускных труб.

Для смягчения ударного воздействия от транспортной нагрузки и доведения ее до допустимых значений толщина засыпки над звеньями или секциями труб под насыпями должна быть не менее 0,5 м, считая от верха трубы до бровки дорожного полотна [4] (Рисунок 12).

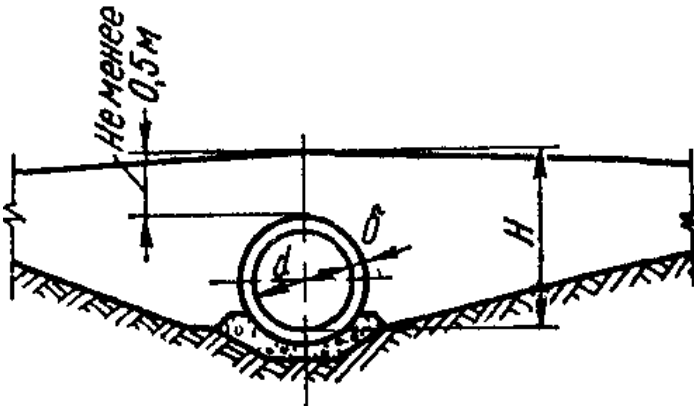


Рисунок 12

Наименьшая высота насыпи (рабочая отметка) H в местах укладки трубы:

$$H = d + \delta + H_{\min},$$

где

d – внутренний диаметр трубы, м;

δ – толщина стенки трубы или толщина звена, м;

H_{\min} – наименьшая толщина засыпки над трубой (если толщина дорожной одежды не превышает 0,5 м, принимается 0,5 м).

Черновое редактирование линии тангенсов продольного профиля.

В процессе чернового редактирования необходимо стремиться :

- к обеспечению снегонезаносимости открытых участков;
- к обеспечению требований, накладываемых контрольными точками;
- к обеспечению стока из выемок (рекомендуется применять продольные уклоны не менее 5 промилле);
- к соблюдению нормативных требований (наибольший продольный уклон и др.).

Рекомендуется установить режим перемещения вершин **Без ограничения** (Рисунок 13).

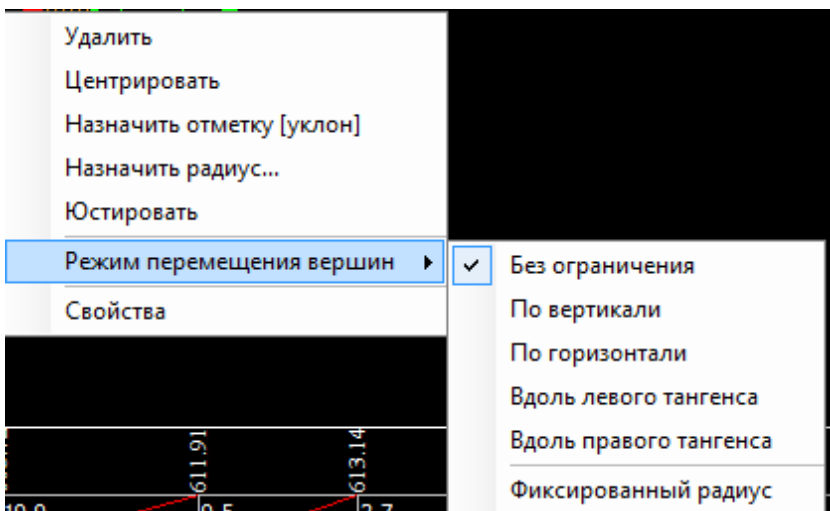


Рисунок 13

Основные приемы редактирования линии тангенсов аналогичны редактированию линии тангенсов в Плане (работа 3), это интерактивное перетаскивание вершин, ввод и удаление вершин:

1. Для перемещения вершины угла перелома перетяните ее при помощи мыши на другое место;
2. Для вставки вершины угла перелома нужно дважды щелкнуть левой кнопкой мыши на прямолинейном участке трассы;
3. Для удаления вершины угла перелома следует щелкнуть по вершине правой кнопкой мыши и из открывшегося контекстного меню выбрать элемент **Удалить** [3].

Вписывание вертикальных кривых и согласование элементов плана и профиля.

В соответствии с требованиями СП 34.13330.2012 во все перелома проектной линии должны быть вписаны вертикальные кривые.

При вписывании круговых кривых продольного профиля следует назначать радиусы выпуклых и вогнутых кривых не менее значений, указанных в таблице 5.3 [5].

Длины криволинейных участков продольного профиля следует назначать:

- непрерывно выпуклых – не менее 300 м,
- непрерывно вогнутых – не менее 100 м.

Вертикальные кривые вписывают в строке проектных уклоноуказателей продольного профиля. Вписывание рекомендуется вести последовательно от начала к концу трассы.

Для того чтобы вписать вертикальную кривую, следует перетящить мышью границу кривой на индикаторе в нижней части окна (Рисунок 14).

После завершения перетаскивания отобразится характер кривой и значение радиуса. Чтобы узнать длину кривой можно использовать **Свойства** из контекстного меню элемента (Рисунок 15).

После чернового вписывания кривых прибегают к более детальной проработке. При этом могут быть использованы возможности, заложенные в контекстном меню вершин : **Центрировать, Назначить отметку (уклон), Назначить радиус, Юстировать**, а также другие режимы перемещения вершин : (**По вертикали, По горизонтали, Вдоль левого тангенса, Вдоль правого тангенса, Фиксированный радиус**) [3].

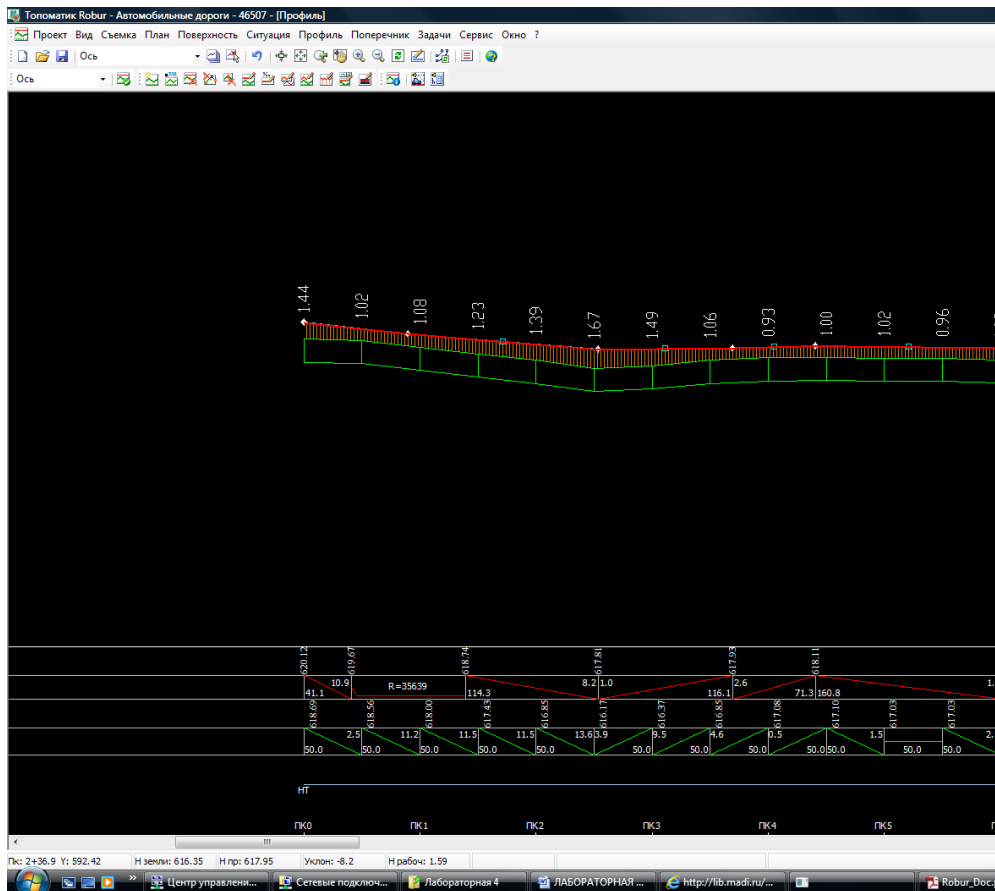


Рисунок 14

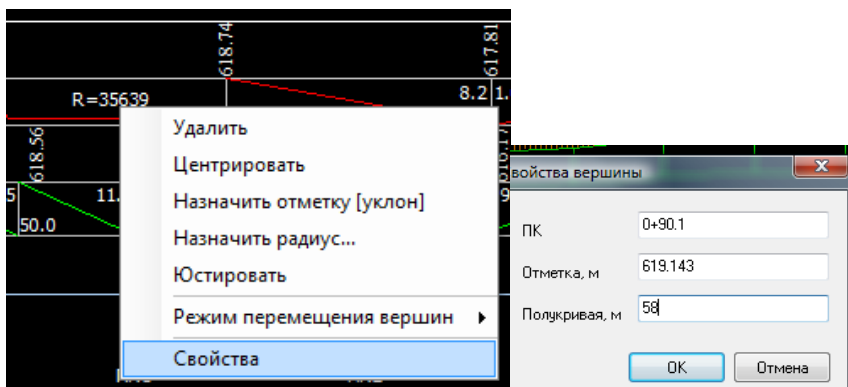


Рисунок 15

Кроме вершин для редактирования могут быть использованы прямые участки профиля. При щелчке правой кнопкой мыши на средней точке элемента (она выделена квадратом голубого цвета) откроется контекстное меню (Рисунок 16):

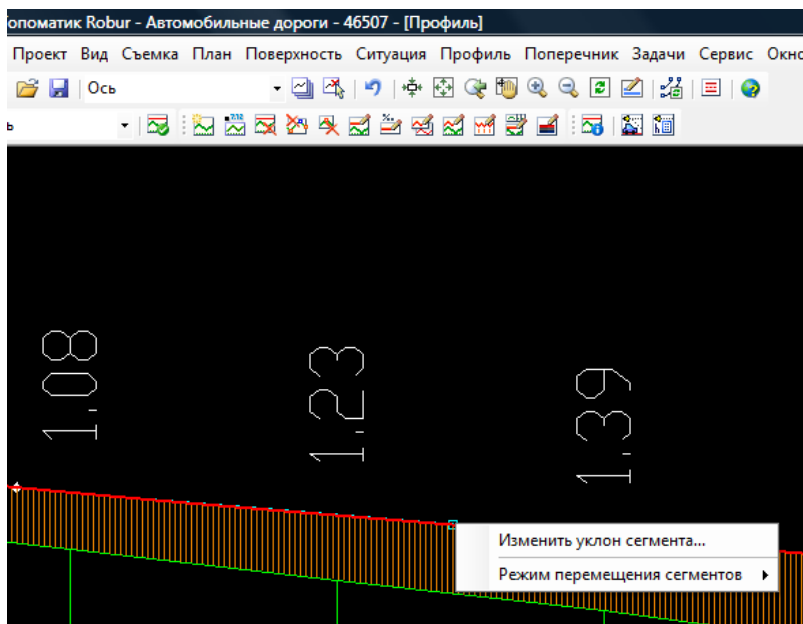


Рисунок 16

Автоматизированный контроль ошибок, чистовое редактирование продольного профиля

После завершения редактирования в ручном режиме, просмотрите профиль с использованием команды **Информация о профиле**. Графический курсор принимает вид двух перекрещивающихся линий, точка пересечения которых всегда находится на проектном профиле, а параметры элементов отображаются в **Строке состояния**.

Robur позволяет осуществить контроль основных параметров в автоматическом режиме. Для этого следует воспользоваться командой **Контроль профиля**. Сначала установить нормативные значения параметров на вкладке **Критерии** в зависимости от заданной категории дороги (Рисунок 17).

А затем, нажать кнопку **Проверить**.

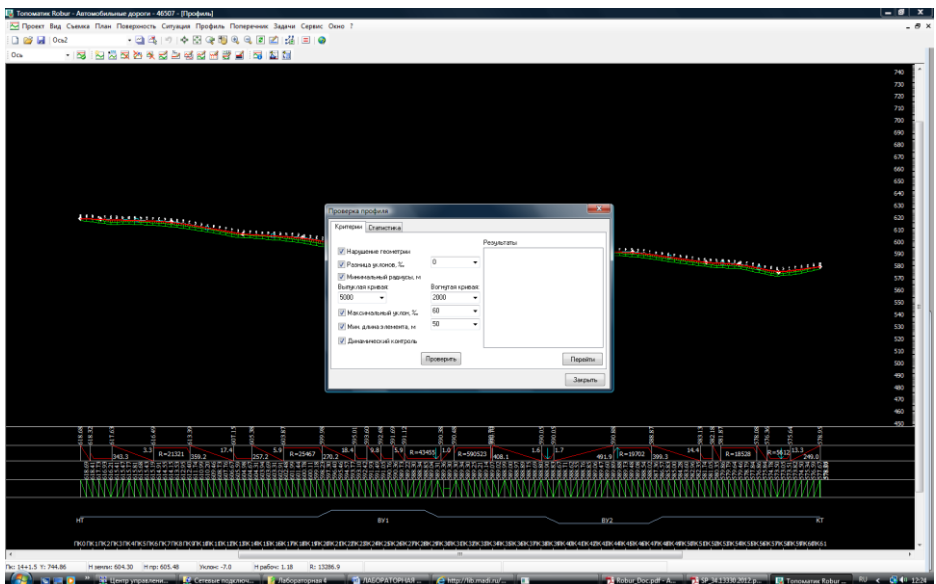


Рисунок 17

При обнаружении ошибок, в правом окне отобразится класс ошибки и пикетажное положение.

Выделив ошибку в окне, Вы можете переместиться к нужному элементу в рабочем окне продольного профиля воспользовавшись кнопкой **Перейти**.

Автоматически будет включена строка в сетке профиля **Динамические ошибки** (Рисунок 18). Ошибка маркируется специальным знаком и при наведении на нее всплывает подсказка о характере допущенной ошибки.

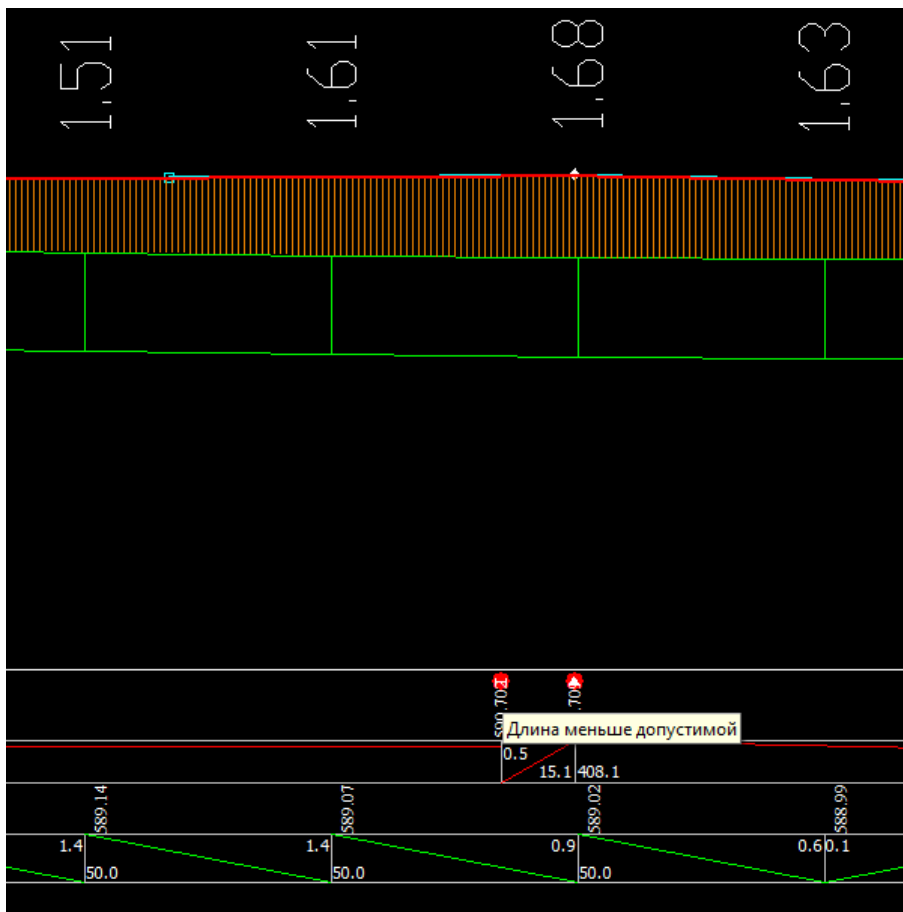


Рисунок 18

При проектировании дороги следует избегать применения минимальных значений параметров геометрических элементов плана и продольного профиля. Их следует использовать только в исключительных случаях, когда по местным условиям проложить трассу дороги можно только с минимальными размерами геометрических элементов. Параметры горизонтальных и вертикальных

кривых из условия обеспечения безопасности и удобства движения должны превышать минимальные значения указанные в таблицах СП не менее чем в 1,5- 2 раза [8].

Контроль видимости в продольном профиле.

Расстояние видимости на всем протяжении дороги должно быть не менее остановочного пути до препятствия. Наименьшие расстояния видимости следует принимать по таблице 5.9[5].

Расстояние видимости в продольном профиле обеспечивается благодаря вписыванию вертикальных выпуклых кривых.

Наименьшие радиусы выпуклых вертикальных кривых приведены в таблице 5.3 [5](расчетное время реакции водителя 1,0 с), а минимальные радиусы вертикальных кривых - в таблице 5.10 [5]при времени реакции водителя 1,0 и 2,0 с.

Наименьшее расстояние видимости для остановки должно обеспечивать видимость любых предметов, имеющих высоту 0,2 м и более, находящихся на середине полосы движения, с высоты глаз водителя автомобиля, равной 1,2 м от поверхности проезжей части

.Наименьшее расстояние видимости для остановки могут быть проверены в программе ROBUR.

Видимость в продольном профите в **Robur** считается по следующей схеме (Рисунок 19):

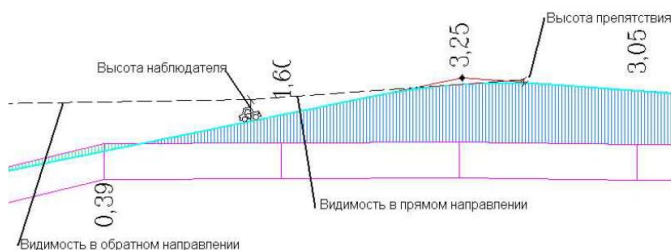


Рисунок 19

Для проверки необходимо вначале задать параметры видимости, используя одноименную команду меню Профиля (Рисунок 20).

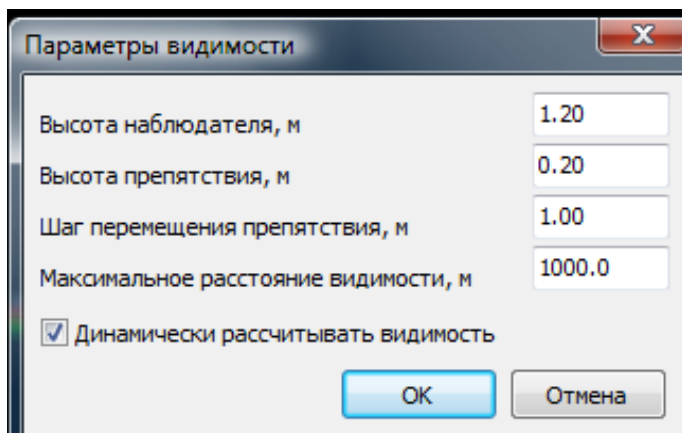


Рисунок 20

Если в параметрах видимости отмечен флаг **Динамически рассчитывать видимость**, то в командной строке окна **Профиль** будет показано расстояние обратной видимости (видимости сзади) и прямой видимости (видимости впереди) препятствия [3]

Выбрав пункт меню **Профиль – Видимость на продольном профиле**, можно перемещая модель автомобиля, динамически наблюдать картину построения прямого и обратного лучей, а также фиксировать значения расстояний видимости, если они не превышают указанного в Параметрах максимального значения (Рисунок 21).

Для выхода из режима просмотра видимости используется правая кнопка мыши.

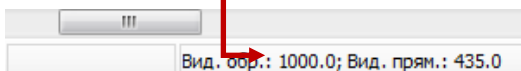
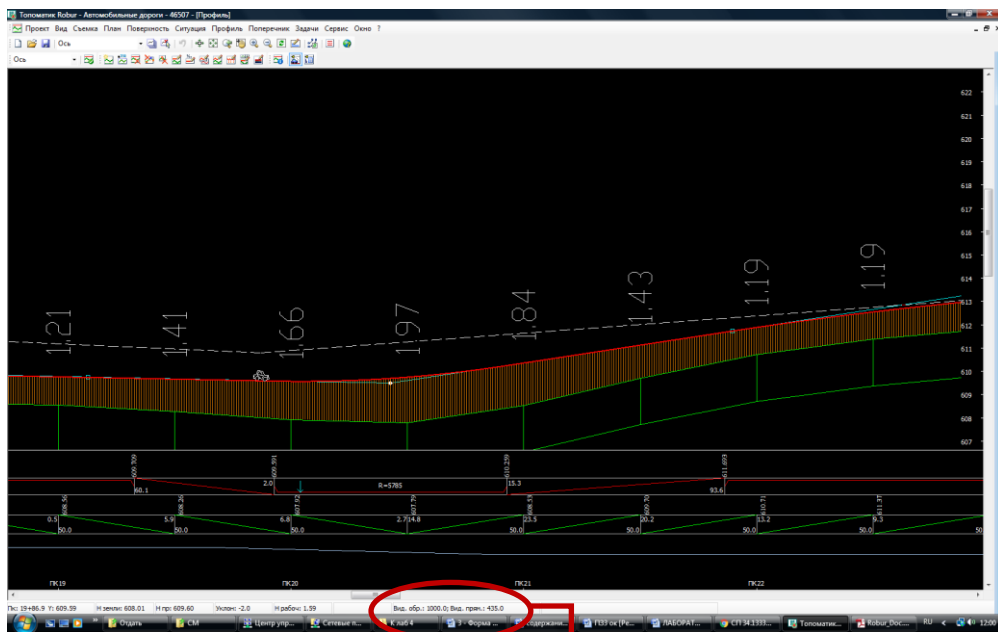


Рисунок 21

Формирование чертежа продольного профиля

Порядок формирования чертежа продольного профиля изложен отдельно в методических указаниях по формированию выходных документов курсового проекта.

Может также быть использовано Руководство пользователя ROBUR.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А.П. и др. Справочная энциклопедия дорожника (СЭД) том 5 // Под ред. Васильева А.П., Быстрова Н.В., Надеждо А.А., Федотова Г.А., Пospelова П.И. – М. 2007г.
2. Гавриленко Т.В. Проектирование продольного профиля дороги методом тангенсов – электронный ресурс <http://road-project.okis.ru> 2014.
3. Руководство Пользователя ROBUR. Автомобильные дороги. Версия 7.2. Санкт-Петербург. – 2008г. – С. 475.
4. Меренцова, Г. С. Водопропускные трубы автомобильных дорог / Г. С. Меренцова, Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011. – 23 с.
5. СП 34,13330.2012 АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ. Актуализированная версия СНиП 2.05.02-85* – М. Минрегион России, – 2012г.
6. Терюкова Л.И. Методические указания к выполнению курсового проекта «Вариантное проектирование автомобильной дороги». Ч 1: Для студентов очной и заочной форм обучения специальности 270205 «Автомобильные дороги и аэродромы» Ростов на Дону. РГСУ, – 2008г.
7. Бойков В.Н., Федотов Г.А., Пуркин В.И. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог (на примере IndorCAD/Road). – М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2005. – 224 с.
8. Проект Свод правил по проектированию геометрических элементов автомобильных дорог и транспортных пересечений Часть 1: Свод правил по проектированию геометрических элементов автомобильных дорог – ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО (РОСАВТОДОР). Москва 2013
9. Бойков В.Н., Федотов Г.А., Пуркин В.И. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог (на примере IndorCAD/Road). – М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2005. – 224 с. – 200 экз