3 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ТРАССЫ

3.1 Проектирование трассы по воздушной линии

3.1.1 Создание и настройка проекта. Построение трассы выполняют на инженерной цифровой модели (ИЦММ). На диске *D* необходимо создать рабочую папку под своей фамилией, в которой будут располагаться файлы с результатами проектирования. В эту папку следует скачать архивный файл с моделью ICMM.dms [1].

Далее, вызывают программу IndorCAD_Road_9 по её ярлыку, находящемся на рабочем столе компьютера. В открывшемся окне выбирают позицию «**Создать новый**», тем самым создавая новый проект (файл), который по умолчанию называется «**Безымянный**». После этого нажимают на закладку «**Файл**» и в окне «**Начало работы**» выбирают из своей созданной папки файл с ИЦММ, ICMM.dms». Цифровая модель загружена.

Цифровая модель размещается в **Главном окне** системы. В верхней части окна содержится название активного проекта – «**Безымянный – IndorCAD 9**». Вторую строчку **Главного окна** занимает **Главное меню** системы. В него входят закладки: «**Файл**», «**Главная**», «**Проект**», «**Поверхность**», «**Трассирование**», «**Модель трассы**», «**Обустройство**», «**Данные**», «**Чертежи и ведомости**» и «**Вид**». Щёлкнув мышью на какомлибо из названий, под строкой **Главного меню** откроется строка с командами, относящимися к нему.

Перед началом проектирования трассы, необходимо настроить создаваемый проект, для чего вызывают команду: «**Проект** > **Настройки проекта** > **Настройки проекта...**». Окно настройки показано на рис. 3.1.

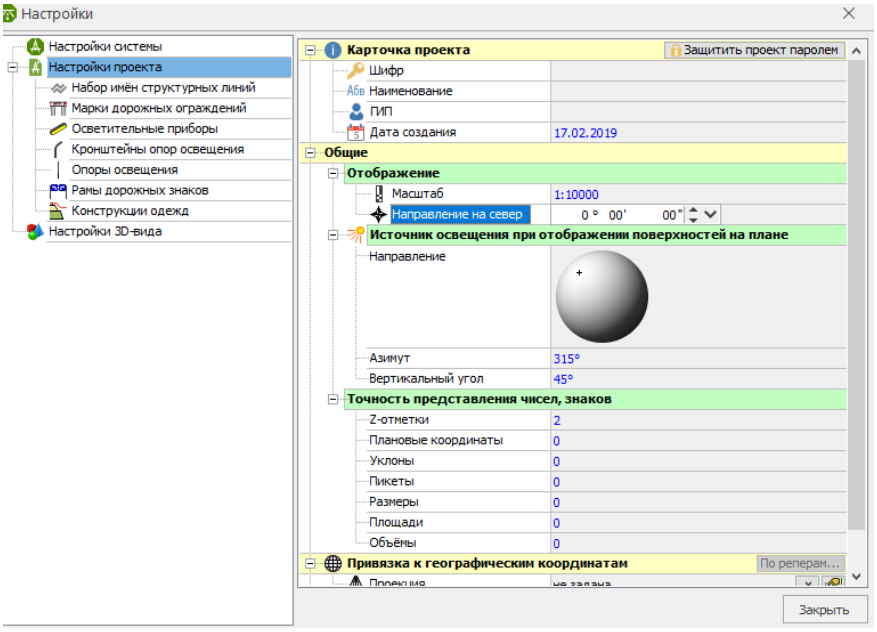

Рисунок 3.1 – Окно настройки проекта

В настройках требуется изменить масштаб проекта – ввести значение «**1:10000**» **(**не забывайте после ввода информации нажимать клавишу **<Enter>**. Информация будет введена,

[1] С электронного курса «Автоматизированное проектирование автомобильных дорог».

если масштаб окрасится в синий цвет), а также точность представления чисел и знаков (количество десятичных знаков): отметок ***z*** – 2, у всех остальных параметров – 0. Набрав необходимые данные в строке значений, нужно обязательно нажать клавишу **<Enter>**.

Дополнительно можно заполнить карточку объекта, включающую в себя наименование, дату создания и другие характеристики объекта.

В левой части **Главного окна** системы располагается **Дерево проектов**. Оно отображает структуру проекта: поверхности, элементы цифровой модели местности и т.п. Ширину области **Дерева объектов** можно регулировать, перетаскивая мышью разделительную линию между ним и **Рабочим окном**. Если **Дерево проектов** не отражается на экране, то на закладке «**Вид**» следует активировать команду «**Дерево проектов**».

Свойства того или иного элемента проекта описаны в окне «**Инспектор объектов»**. Объект, для которого требуется отразить свойства, выделяют курсором мыши в **Дереве проектов**. Если окно не отображается на экране, то на закладке «**Вид**» следует активировать команду «**Инспектор объектов**». Другой способ вызова окна – в **Дереве проектов** выделяют мышью объект, например, «**Сетка**», щёлкают по нему правой кнопкой мыши (ПКМ), и в появившемся контекстном меню выбирают пункт «**Свойства»**.

Настроенный проект необходимо сохранить в своей папке с помощью команды: «**Файл > Сохранить как».** В окне **«Сохранить проект»** следует указать свою папку и имя файла. Рекомендуется в названии файла отразить дату создания проекта, например, «***2016-09-01_Мой_проект***». Файлы проекта, созданные IndorCAD/Road, имеют расширение «dms».

3.1.2 Создание трассы по воздушной линии. Далее на цифровой модели необходимо построить трассу по воздушной линии с указанными в задании на проектирование координатами точек начала трассы (НТ) и конца трассы (КТ). Необходимо заметить, что в программе IndorCAD используется геодезическая система координат (левая), т.е. ось *X* направлена вверх, ось *Y* – вправо, а ось *Z* – на пользователя. Перемещая курсор мыши по рабочему окну, можно заметить в левом нижнем углу экрана, как изменяются координаты положения курсора мыши.

Трассой, проложенной по *«воздушной линии»,* называется отрезок, соединяющий заданные пункты, то есть – это кратчайший путь между двумя пунктами, которые необходимо связать автомобильной дорогой.

В главном меню системы переходят на закладку «**Трассирование**» и в пункте меню «**Создать трассу**» выбирают метод «**По тангенциальному ходу**». Последовательными щелчками мыши произвольно строят две точки (точки начала и конца трассы). Завершают построение повторным щелчком на последней точке.

После этого приступают к корректировке трассы, активизировав команду «**Вершины трассы**». В открывшемся окне «**Параметры вершин трассы**» появится список, включающий в себя вершины: «**Начало трассы»** и «**Конец трассы»**. Если при построении трассы ошибочно образовалась дополнительная вершина, то её выбирают курсором в списке и нажимают курсором на пиктограмму «**Удалить …**», расположенную над списком вершин трассы.

Выбрав в списке курсором мыши **Начало трассы**, вводят значения координат *X* и *Y* из задания на курсовое проектирование. Не забывайте после ввода информации нажимать кла-

вишу **<Enter>**. Информация будет введена, если масштаб окрасится в синий цвет. Аналогичным образом редактируют координаты точки **Конца трассы**.

Следует заметить, что после создания тангенциального хода в **Дереве проектов** появился новый слой **«Трассы»** (в скобках указывается количество созданных в данном проекте трасс), в котором находится построенный объект – «**Трасса (активная)»**.

На следующем этапе работы с помощью окна **Инспектора объектов** настраивают параметры созданной трассы. Если оно скрыто, то в главном меню системы следует перейти на закладку «**Вид**» и активировать команду «**Инспектор объектов**». Далее, в дереве проектов левой кнопкой мыши щёлкают по позиции **«Трасса (активная)»**, тем самым вызывая окно **Инспектора объектов** для проектируемой трассы, и задают имя трассы – ***Воздушная линия*.** Также с помощью **Инспектора объектов** требуется поменять цвет трассы, так как красным цветом будет окрашен выбранный вариант трассы с углами поворота.

Длина трассы по воздушной линии указана в Инспекторе объектов.

3.1.3 Настройка отображения трассы. Настройка отображения трассы производится как для активной трассы, так и для всех трасс. Сначала настраивают отображение для всех трасс, для этого в **Дереве проекта** необходимо щелкнуть левой кнопкой мыши по объекту «**Трассы»,** чтобы вызвать **Инспектор объектов** для всех трасс стазу.

В группе параметров «**Отображение линий трасс**» ставят флажок напротив позиции «**Отображать тангенциальный ход**» и для параметра «**Показывать**» следует указать значение «**Только ось**».

В группе параметров «**Отображение кривых**» необходимо поставить флажок напротив позиции «**Отображать границы кривых и вершины углов**» и задать для символов конца кривой и конца переходной кривой **Вариант 1.**

Также ставят флажки напротив позиций:

- «**Подписывать вершины углов, начало и конец кривой**»,
- «**Подписи концов переходных кривых**»,
- «**Названия границ кривых**»,
- «**Радиусы кривых**».

Здесь же задают размер символов для подписей – **2,5** мм.

В группе параметров «**Отображение пикетов и километровых знаков**» ставят флажок напротив позиции «**Отображать пикеты**», задают «**Шаг добавочных значений, м**» – **100** (чтобы подписывались только полные пикеты). В позиции «**Формат главных значений**» выбирают символ **%** (чтобы указывалась только последняя цифра пикета).

Далее, рекомендуется убрать флажок напротив позиции **«Сквозная нумерация**», включить флажок напротив позиции **«Отображать километровые метки»** и указать масштаб знаков – 50.

Чтобы на плане отображались пикеты начала и конца трассы, необходимо в дереве проекта перейти на трассу, отображение которой следует настроить. Эта трасса должна быть активной. В окне инспектора объектов для неё в группе параметров **«Отображение»** задать отображение на плане **«Только ось»**. Оформление трассы – **«Отображать»**. В позиции **«Отступ подписей, м»** задать – **20**. Тогда подписи будут размещаться на этом расстоянии от оси трассы. Также поставить флажки напротив позиций **«Подписывать пикет начала трассы»** и **«Пикет конца трассы»**.

3.1.4 Описание трассы по воздушной линии. В описании трассы по «воздушной линии» указывают длину трассы. Её значение указано в окне **Инспектора объектов**.

Также необходимо описать общее направление трассы, т.е. румб (*Румбом линии* называется острый угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана, северного или южного, до направления данной линии. Румб принимает значения от 0˚ до 90˚ и он имеет в каждой четверти сторон света обозначения СВ, ЮВ, СЗ, ЮЗ). Румб можно вычислить с помощью азимута, указанного для точки начала трассы в окне **«Вершины трассы > Параметры вершин трассы».**

Также в описании трассы указывают плюсовые точки (*Плюсовой точкой* называют характерную точку на местности, расположенную между двумя соседними пикетами, расстояние до которой отмеряют от предыдущего пикета) пересечения воздушной линии с существующими автомобильными и железными дорогами, водными объектами (реками, ручьями и оврагами), границы прохождения трассы по населённым пунктам, лесу, кустарникам и т.д.

Угол пересечения между дорогами определяют с помощью команды «**Главная > Измерения > Углы»** в правом верхнем углу экрана. Схема измерения показана на рис 3.2. Нужно последовательно щёлкнуть левой кнопкой мыши в красных точках 1-2-3, рисующих измеряемый угол.

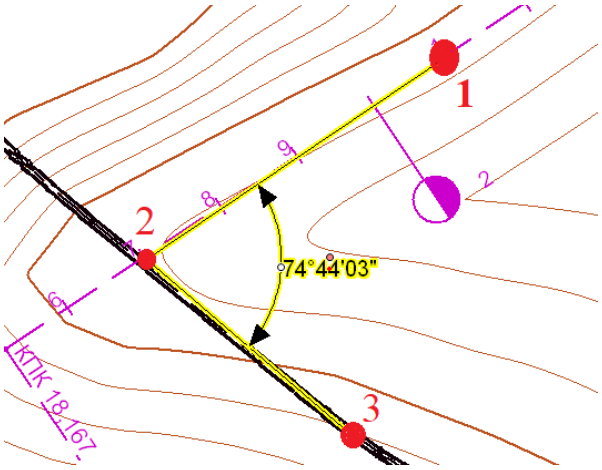

Рисунок 3.2 – Схема измерения величины угла

В конце описания делают заключение о возможности (или невозможности) трассирования по «воздушной линии», указывают основные причины, препятствующие прокладке трассы по этому варианту. Такими причинами являются: пересечение с автомобильной дорогой под углом меньше 60°, прохождение трассы через населённый пункт или отдельно стоящее здание.

Пример описания трассы по воздушной линии. *Трасса по воздушной линии соединяет контрольную точку начала трассы (координаты X = 558 м, Y = 222 м) с контрольной точкой конца трассы (координаты X = 1526 м, Y = 2472 м). Румб направления – СВ 48°32″. С ПК 1+70 по ПК 3+50 трасса проходит через заросли кустарников. На ПК 8+30 трасса пересекает автомобильную дорогу IV категории под углом 15°. С ПК 11+20 по ПК 11+60 трасса проходит через нежилое капитальное строение – 4-х этажное здание. Длина варианта трассирования по воздушной линии составляет* $L_{в.л.}$ *= 2449 м.*

Трассирование по воздушной линии невозможно, так как данный вариант пересекает автомобильную дорогу в одном уровне под недопустимым углом (меньше 60°).

3.2 Проектирование первого варианта трассы

3.2.1 Создание нового варианта трассы. После того, как выявлены причины невозможности трассирования по воздушной линии, приступают к проектированию варианта трассы с углами поворота для объезда препятствий. Снова в **Главном меню** системы переходят на закладку «**Трассирование**» и в пункте меню «**Создать трассу**» выбирают метод «**По тангенциальному ходу**». Последовательными щелчками мыши строят уже 3 точки. Начинают трассу приблизительно от начала трассы по воздушной линии, затем в стороне от воздушной линии строят вершину угла поворота и завершают построение приблизительно в конце трассы по воздушной линии. Дополнительная вершина нужна для того, чтобы варианты не сливались.

Далее, с помощью команды «**Вершины трассы**» редактируют координаты точек начала и конца трассы в соответствии с заданием на курсовое проектирование. Точки начала и конца трассы для строящегося варианта и варианта по воздушной линии должны совпадать.

В старых версиях программы происходит автоматическое вписывание кривых с минимально возможными значениями радиусов. Эти кривые будут мешать корректировке координат вершин тангенциального хода трассы, поэтому необходимо обнулить значения радиусов в окне «**Параметры вершин трассы**». Выбрав (в списке или на самой трассе) курсором мыши вершину угла поворота ВУ-1, вводят нулевое значение радиуса кривой.

Вызывают **Инспектор объектов** для новой трассы (в дереве объектов нужно щелкнуть по ней левой кнопкой мыши) и вводят новое имя – **Вариант 1**.

Проектируемый вариант трассы должен удовлетворять всем нормативным требованиям, поэтому их нужно сначала настроить. В окне **Инспектора объектов** группе параметров **«Ограничения»** нажимают графическую кнопку <**Установить**>, в меню выбирают позицию «**Загородные дороги**» и назначают дороге категорию, определенную в ходе выполнения курсового проекта. Все ограничения установятся автоматически в соответствии с СП 34.13330.2012 [4]. Необходимо заметить только, что предлагаемое программой ограничение 5‰ продольного уклона распространяется только к участкам выемки, для того чтобы обеспечить продольный водоотвод по кюветам.

3.2.2 Редактирование тангенциального хода трассы. Трасса при таких длинах может иметь от одной до четырех вершин углов поворота.

Редактирование трассы осуществляют с помощью команды **«Трассирование > Редактирование**». Новую вершину тангенциального хода получают, щелкнув левой кнопкой мыши по трассе, в выбранной пользователем точке. Передвижение существующих вершин производят, наведя курсор на редактируемую вершину угла поворота (появившееся перекрестье говорит о том, что курсор переходит в режим «**Захват**»).

Редактирование тангенциального хода должно обеспечить пересечение в одном уровне с существующей на ИЦММ дорогой 4-й категории под углом не менее 60° (измерения производят с помощью команды **«Главная > Измерения > Углы»** в правом верхнем углу экрана).

На следующем этапе проверяют возможность вписывания кривых в плане радиусом не меньше минимально допустимого для данной категории дороги и с нормативными значениями переходных кривых. Значения переходных кривых, в зависимости от назначаемого радиуса, приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Минимальные значения переходных кривых (клотоид) в зависимости от радиуса

R, м	300	400	500	600-1000	1000-2000
L, м	90	100	110	120	100

Кривые в углы поворота трассы вписывают с помощью команды **«Трассирование > Вершины трассы»**. В открывшемся окне «**Параметры вершин трассы**» в списке выбирают вершину первого угла поворота ВУ-1 и задают значения радиуса кривой, входной и выходной клотоид. Если в тангенциальный ход кривые с предлагаемыми значениями радиусов и длин клотоид невозможно вписать, то программа сама их автоматически уменьшает.

Таким образом, чтобы выдержать нормативные требования, приходится корректировать положение вершин углов поворота. Чаще всего кривые не удается вписать по следующим причинам:

- расстояние между соседними вершинами очень маленькое и тангенсы соседних вершин накладываются;

- в небольшой по величине угол поворота вписывают круговую кривую малого радиуса, из-за чего длина круговой кривой, зависящая от величины угла поворота, оказывается меньше длины клотоиды.

Если элементы кривой (круговая кривая или клотоида) пересекает существующую дорогу, то необходимо также ввести корректировку тангенциального хода.

После того, как вариант трассы станет соответствовать всем нормативным требованиям, необходимо:

- округлить пикетажное положение всех вершин ломаного хода до целых значений плюсовых точек (например, ПК ВУ1 8+35,022 округлить до ПК ВУ1 8+35);

- после изменения пикетажного положения вершин проверить значения радиусов кривых и длин переходных кривых, и если они изменились, то ввести для них прежние значения).

3.2.3 Описание варианта трассы. Пример описания варианта трассы*: На топоплане первый вариант трассы обозначен синим цветом. Трасса проложена методом тангенсов. Она имеет 3 угла поворота. Первый угол на ПК 6+20 принят с целью пересечения в одном уровне автомобильной дороги IV категории под допустимым углом. Второй угол поворота принят с целью обхода капитального строения. Третий угол поворота принят из условия прихода трассы к конечному пункту. На ПК 1+55, ПК 8+75, ПК40+60 трасса пересекает суходолы. На участках с ПК1+00 по ПК 6+00 и с ПК 9+00 по ПК 17+00 трасса проходит по зарослям кустарника. На ПК 12+10 трасса пересекает автомобильную дорогу IV категории под углом 82°. Длина первого варианта трассы составляет 2980 м.*

3.2.4 Ведомость углов поворота, прямых и кривых. В конце проектирования создают ведомость углов поворота, прямых и кривых. Необходимо активизировать команду **«Чертежи и ведомости > План трассы»** и выбрать пункт меню **«Углы поворотов трассы…»**. Далее, настраивают экспорт, т.е. таблицу с ведомостью углов поворота, прямых и

кривых в соответствии с [7]. Необходимо убрать флажки напротив позиций: **Домера** и **Азимута**. Координаты пусть остаются в ведомости для контроля за результатами проектирования.

Далее, откроется окно «**Предварительный просмотр**» с ведомостью углов поворота, прямых и кривых. Вызвав пиктограмму «**Экспорт**», изображенную в виде дискеты с зелёной стрелкой, сохраняют файл ведомости в формате изображения ***ipeg*** (чтобы потом подгрузить в лист с топопланом и трассами). Файлу присваивают имя ***Ved1***.

3.2.5 Проектирование второго варианта трассы. На следующем этапе приступают к проектированию второго варианта трассы. Трассу называют **Вариант 2**. К нему предъявляются точно такие же требования, как и к первому варианту. В конце проектирования создают файл с ведомостью углов поворота, прямых и кривых и присваивают ему имя ***Ved2***.

Необходимо заметить, что теперь активной стала вновь построенная трасса. Чтобы сделать активной трассу по воздушной линии или трассу первого варианта, по соответствующей трассе в **Дереве проектов** следует щёлкнуть левой кнопкой мыши дважды. Следите за тем, какая трасса сейчас активная, т.е. какую редактируете и для какой включён **Инспектор объектов**.

3.4 Сравнение вариантов трассы

Сравнение вариантов трассы выполняют по технико-эксплуатационным показателям. Лучшим считается вариант, имеющий больше преимуществ. Технико-эксплуатационные показатели размещают в таблицу (табл. 3.2).

Таблица 3.2– Сравнение вариантов трассы

Показатели	Ед. изм.	I-й вариант	II-й вариант	Преимущество	
				I-й вариант	II-й вариант
1 Коэффициент удлинения трассы	–			+	–
2 Средняя величина угла поворота	рад/м			=	=
3 Средняя величина закругления	м/рад				
4 Суммарная протяжённость пересекаемых трассой участков:					
лесов	м				
болот	м				
сельхозугодий	м				
населенных пунктов	м				
5 Протяжённость участков местности с уклоном по трассе до 30 ‰, отнесённая к длине трассы	%				
6 Протяжённость участков местности с уклоном по трассе, превышающим максимально допустимое значение уклона проектной линии $i_{доп}$ =… ‰	%				
7 Протяжённость участков по косогору с уклоном более 90‰	м				
8 Число искусственных сооружений на водотоках:					
больших и средних мостов	шт.				
малых мостов и труб	шт.				
9 Число пересечений с автомобильными дорогами	шт.				
10 Число пересечений с железными дорогами	шт.				

1-й показатель. Общая длина трассы характеризуется коэффициентом удлинения трассы

$$K_{\text{удл}} = \frac{L_{\text{тр}}}{L_{\text{вл}}}, \tag{3.1}$$

где $L_{\text{тр}}$ – длина варианта трассы, м; $L_{\text{вл}}$ – длина трассы по воздушной линии, м. Например, для первого варианта трассы

$$K_{\text{удл}} = \frac{L_{\text{тр}}}{L_{\text{вл}}} = \frac{2980}{2449} = 1,22 \cdot$$

Чем его значение меньше, тем лучше.

2-й показатель. Плавность трассы характеризуется относительной средней величиной углов поворота, радианы/м. Сначала необходимо перевести углы поворота в градусы, а затем – в радианы. Например, первый угол поворота равен 14°48′39″. Переведём это значение в градусы:

$$14^\circ 48'39'' = 14^\circ 48\frac{39}{60} = 14^\circ 48,65' = 14\frac{48,65}{60} = 14,81^\circ \cdot$$

Для перевода в радианы воспользуемся формулой

$$\text{rad}_n = \frac{\alpha_n \pi}{180}, \tag{3. 2}$$

где α_n – n-й угол поворота. Первый угол поворота будет иметь значение в радианах

$$\text{rad}_1 = \frac{\alpha_1 \pi}{180} = \frac{14,81^\circ \cdot 3,14}{180^\circ} = 0,258 \text{ рад} \cdot$$

Среднюю величину углов поворота находят по формуле

$$r_{\text{ср}} = \frac{\sum_{n=1}^{N} \text{rad}_n}{L_{\text{тр}}}, \tag{3.3}$$

где N – количество углов поворота.

Пусть, например, rad_1=0,258 радиана; rad_2=0,163 радиана; rad_3=0,440 радиана. Тогда

$$r_{\text{ср}} = \frac{\sum_{n=1}^{N} \text{rad}_n}{L_{\text{тр}}} = \frac{\sum_{n=1}^{3} \text{rad}_n}{L_{\text{тр}}} = \frac{0,258 + 0,163 + 0,440}{2980} = 0,000289 = 2,89 \cdot 10^{-4} \text{ рад/м} \cdot$$

Чем он меньше, тем лучше.

3-й показатель. Средняя величина закругления, м/рад,

$$R_{\text{ср}} = \frac{\sum_{n=1}^{N} K_n}{\sum_{n=1}^{N} \text{rad}_n}, \tag{3.4}$$

где K_n – длина полной кривой (круговая кривая и две клотоиды), вписанной в n-й угол, м. Чем он больше, тем лучше.

4-й показатель – чем значение меньше, тем лучше.

5-й показатель. Он представляет собой отношение суммарной протяжённости участков местности с уклоном по трассе до 30 ‰ к длине варианта трассы, измеряемый в процентах:

$$l_{‰} = 100\frac{L_{‰}}{L_{тр}}, \tag{3.5}$$

где $L_{‰}$ – суммарная протяжённость участков трассы с уклоном местности вдоль трассы до 30 ‰, $L_{тр}$ – протяжённость варианта трассы.

Уклон местности вдоль трассы можно оценить по формуле

$$i = \frac{\Delta H}{l}, \tag{3.6}$$

где ΔH – шаг горизонталей, м; l – расстояние между горизонталями, измеренное вдоль трассы, м; i – уклон, тысячные доли.

Чем ближе друг к другу находятся горизонтали, тем круче уклон местности. Схема к определению уклона показана на рис. 3.3. На топоплане масштаба М 1:10000 шаг горизонталей $\Delta H = H_1 – H_2 = 2{,}5$ м. Можно решить и обратную задачу – найти участки местности, на которых уклон превышает заданное значение. Для этого следует воспользоваться формулой

$$l = \frac{\Delta H}{i}. \tag{3.7}$$

В табл. 3.3 приведены значения характерных уклонов и соответствующие им расстояния между горизонталями. Таким образом, на участках местности с уклоном вдоль трассы менее 30 ‰ расстояние между горизонталями на ЦММ (измеряемое по оси трассы) больше 83,33 м.

У 5-го показателя лучшим считается большее значение.

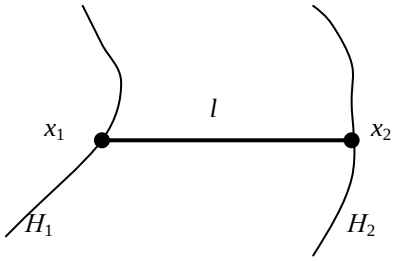

Рисунок 3.3 – Схема к определению уклона линии на местности

Таблица 3.3 – Связь между уклонами и расстоянием между горизонталями

Категория дороги	Допускаемый уклон	Расстояние между точками	
		на цифровой модели местности, м	на карте масштаба 1:10000, мм
I	0,03	83,33	8,3
II	0,04	62,50	6,2
III	0,05	50,0	5,0
IV	0,06	41,66	4,2
V	0,07	35,71	3,6

6-й показатель. У показателя 6 вместо многоточия нужно записать значение максимально допустимого уклона, который берут из табл. «Основные технические показатели проектируемой дороги», приведённой в главе 2. При вычислении 6-го показателя используют аналогичный подход, т.е. формулы (3.5) - (3.7). Только теперь определяют и суммируют протяжённость участков, на которых уклон трассы превышает максимально допустимый. На

дорогах II категории $i_{доп}$ = 40 ‰, тогда в соответствии с табл. 3.3 расстояние между горизонталями меньше 62,5 м; на дорогах III категории – меньше 50 м; на дорогах IV категории – меньше 42 м. Лучшим считается тот вариант, у которого суммарная относительная протяжённость участков имеет меньшее значение.

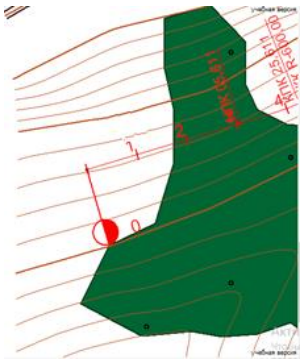

Рисунок 3.4 – Трасса на косогорном участке

7-й показатель. При вычислении 7-го показателя анализируют участки трассы, которые проходят параллельно горизонталям. Уклон местности определяют в направлении, перпендикулярном оси трассы. Такой участок показан на рис. 3.4. У 7-го показателя лучшим считается меньшее значение.

Показатели 8-10. Лучшими являются те, у которых меньшее значение.

После вычисления всех показателей следует сделать вывод, какой вариант трассы принимается для дальнейшего проектирования и почему.

Цифровую модель с запроектированными вариантами трассы нужно перевести в файл изображения, при этом в область экспорта обязательно должен попасть указатель севера. На закладке «**Чертежи и ведомости**» выбирают команду «**Чертёж плана**». В открывшемся окне – позицию «**Весь чертеж на одном листе**». Далее активизируют команду «**Экспорт > В файл изображения**». На закладке «**Файл**» заполняют строки:

- файл экспорта – указать папку и название чертежа;
- формат файла – ***jpeg***;
- масштаб – **1:1**.

На закладке «**Область экспорта**» следует выбрать позицию «**Весь чертёж**» и нажать графическую кнопку <**Экспорт**>.

3.5 Привязка выбранного варианта трассы

Трассирование линейных объектов выполняется в составе инженерно-геодезических изысканий трасс линейных объектов, как правило, в два этапа – камеральное и полевое. Работы производятся в соответствии с СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. [5].

Камеральное трассирование включает в себя трассирование вариантов трассы по обработанным картам или топографическим планам и выбор наилучшего варианта. *Полевое трассирование* включает в себя создание планово-высотной геодезической опорной сети, вынос намеченной трассы на местность, закрепление трассы временными знаками.

Ось трассы закрепляется следующими способами [5]:

- привязка к пунктам геодезической основы с использованием геодезических спутниковых приемников;
- привязка к пунктам геодезической основы проложением теодолитных (тахеометрических) ходов по оси трассы с закреплением точек начала и конца трассы, створных точек и углов поворота;
- привязка углов поворота оси трассы к элементам ситуации.

В курсовом проекте используется третий способ привязки трассы. Привязка необходима для того, чтобы перейти от камерального трассирования (трассирования на карте или

ИЦММ) к полевому трассированию выбранного варианта трассы. На карте необходимо выбрать ситуационные объекты, к которым требуется привязать характерные точки трассы. На этих объектах необходимо будет создать временные реперы. *Репе́р* – это геодезический знак, который закрепляет точку на местности с известной абсолютной отметкой. Обозначение временного репера приведено на рис. 3.5 а.

К временным реперам необходимо привязать следующие точки:

- начало и конец трассы;
- вершины углов поворота;
- начало и конец закруглений (НЗ и КЗ);
- длинные прямые вставки не реже, чем через 1 км.

Ситуационные объекты рекомендуется выбирать на расстоянии не более 100 м от привязываемых точек. К таким объектам могут относиться: пункты государственной геодезической сети, отдельно стоящие строения, одиночные деревья, пересечения дорог, искусственные сооружения на существующих дорогах, точки с известной высотной отметкой. Условно принимают, что в этих местах устанавливаются временные нивелирные знаки (рис. 3.5, а), которые нумеруются Рп.1, Рп.2 и т.д. Пример пункта государственной геодезической сети приведен на рис. 3.5, б.

а Рп. 1 б

Рисунок 3.5 – Обозначение реперов, а – временного репера, б – опорной сети

Чтобы создать репер на цифровой модели необходимо на ленте с вкладками активировать команду «**Главная / Реперы»**. Щелчком мыши устанавливаем репер в любом месте ИЦММ на некотором расстоянии от первой привязываемой точки – точки начала трассы (НТ).

В **Дереве проектов** в группе **«ЦММ»** появился новый объект **«Реперы»** с указанием в скобках количества построенных реперов. На закладке «**Главная**» активизируем в группе параметров «**Измерения**» операцию «**Расстояние в плане**» и измерим расстояние от НТ до построенного репера. Если оно окажется более 100 м, то необходимо отредактировать положение репера.

Редактирование реперов производят с помощью **Инспектора объектов**, вызванного для элемента «**Реперы»** (в дереве объектов ЛКМ выделить объект **«Реперы»**). Редактируемый репер должен быть выделен, т.е. подсвечен жёлтым цветом. Если выделение отсутствует, то необходимо в рабочем окне дважды щелкнуть ЛКМ по реперу и переместить репер ближе к привязываемой точке и снова проверить расстояние. При перемещении репера изменяется его высотное положение, поэтому в Инспекторе объектов необходимо для параметра « ***Z*-отметка**» нажать графическую кнопку <**По поверхности**>. Тогда у репера будет указана отметка точки рельефа, в которой он установлен.

Для выделенного репера на вкладке **«Выделенные объекты»** редактируем его характеристики (см. рис. 3.6). С начала в группе «**Параметры**» задаем тип репера – **временный.**

Далее следует уточнить его плановые координаты *X* и *Y*, т.е. позиции «**Абсолютные *X, Y***» округлить их до целых значений.

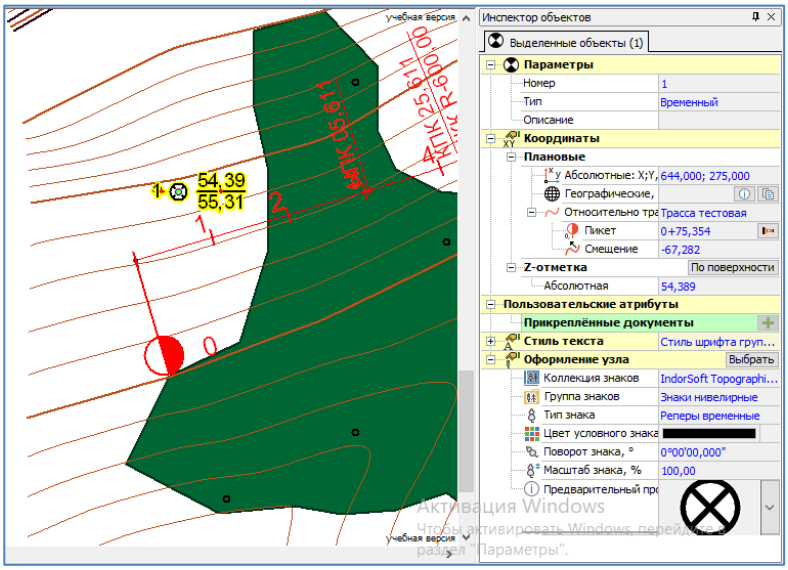

Рисунок 3.6 – Инспектор объектов для репера

В позиции «**Относительно трассы**» необходимо выбрать название привязываемой трассы. После этого задают условное обозначение репера в позиции «**Оформление узла**» нажимаем графическую кнопку <**Выбрать**>, в открывшемся списке – «**Знаки нивелирные**», знак – «**Реперы временные**».

Аналогичным образом строят реперы рядом с точками начала закругления, конца закругления, вершин углов поворота, конца трассы и на прямолинейных участках длиной более 1 км. Данные по реперам сводятся в специальную таблицу. Пример ведомости реперов приведён на рис. 3.7.

Ведомость реперов

ШИФР:
Наименование проекта:
Объект: Трасса тестовая

№ п. п.	Местоположение						Название	Отметка репера абсолютная, м	Отметка земли, м	Тип репера	Описание
	ПК+	лево	право	X	Y	Z					
1	0+75,354	67,28		644,00	275,00	54,39	1	54,39	55,31	Временный	

Составил: Проверил:

Рисунок 3.7 – Ведомость реперов

Ведомость реперов можно найти на закладке «**Чертежи и ведомости / Объекты плана / Ведомость реперов**». В открывшейся таблице «**Настройка реперов**» снова проверяют имя привязываемой трассы и делают экспорт в файл изображения ***ipeg***. Эта ведомость будет вставлена в графический лист с вариантами трассы.

Список источников

1. Жуков, В.И. Проектирование автомобильных дорог. Основы [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.И. Жуков В.И., Т.В. Гавриленко. – Красноярск: Сиб. Федер. ун-т, 2014. – 144 с.

2. Федотов, Г.А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2 кн. Кн.1: Учебник. / Г.А. Федотов, П.И. Поспелов – М.: Высш. шк., 2009. – 646 с.
3. Современные технологии в проектировании автомобильных дорог: учебно-методическое
4. пособие / Т.В. Гавриленко, Т.А. Фёдорова. – Изд-во СФУ, 2020. – 63 с.
5. Система проектирования IndorCAD. Построение, обработка и анализ цифровой модели местности: Руководство пользователя / И.В. Кривых, В.Н. Бойков, Д.А. Петренко, А.В. Скворцов, Н.С. Мирза. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2008. – 300 с.
6. Система проектирования IndorCAD. Проектирование автомобильных дорог: Руководство пользователя / И.В. Кривых, В.Н. Бойков, Д.А. Петренко, А.В. Скворцов, Н.С. Мирза, А.В. Перфильев – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2008. – 250 с.
7. Официальный сайт компании IndorSoft http://www.indorsoft.ru [электронный ресурс].
8. ГОСТ 21. 701-2013 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог. – Москва, Стандартинформ, 2014. – 35 с.
9. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., 2013. – 139 с.
10. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., ФАУ «ФЦС», 2013. – 110 с.