ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАРИАНТОВ ТРАССЫ В ПРОГРАММЕ INDORCAD/ROAD

1. Проектирование трассы по воздушной линии

1.1. Создание трассы по воздушной линии. Далее 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 в произвольном месте строят точку начала трассы и отведя курсор в сторону строят точку конца трассы. Завершают построение повторным щелчком мыши на последней точке.

После этого приступают к корректировке координат точек начала и конца 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 красную 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 клавишу **<Enter>**. Информация будет введена, если введённые значения координат окрасятся в синий цвет. Аналогичным образом редактируют координаты точки **Конца трассы**.

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

На следующем этапе работы с помощью окна «**Свойства**» настраивают параметры созданной трассы. Если окно скрыто, то в главном меню системы следует перейти на закладку «**Вид**» и активировать команду «**Свойства объектов**». Далее, в дереве проектов левой кнопкой мыши щёлкают по позиции **«Трасса (активная)»**, тем самым вызывая окно «**Свойства**» для проектируемой трассы, и задают имя трассы – ***Воздушная линия*.**

В группе параметров «**Существующая поверхность**» приведена длина трассы по воздушной линии, измеренная по поверхности ЦММ.

В группе параметров **«Отображение»** нужно поменять цвет трассы, так как красным цветом будет окрашен выбранный вариант трассы с углами поворота. Не рекомендуется использовать чёрный цвет, т.к. он показывает на ЦММ существующие дороги, жёлтый и бирюзовый, потому что им в программе выделяют элементы и трассы, подлежащие редактированию.

Следует 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»**.

1.2. Настройка отображения трассы в окне свойств для всех трасс. 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 окно **«Свойства»** для всех трасс стазу.

В окне свойств информация хранится на трёх закладках: **«Основные»**, **«3D-вид»** и **«Подписи»**. Ярлык активной закладки сверху подкрашен зелёной линией. Переход с одной закладки на другую происходит с помощью щелчка ЛКМ.

Сначала вводят данные на закладке **«Основные»**. В группе параметров «**Отображение линий трасс**» для параметра «**Отображать**» следует указать значение «**Только ось**». Ставят флажок напротив позиции «**Отображать тангенциальный ход**», чтобы на плане были видны углы поворота трассы.

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.**

Далее раскрывают ветку «**Отображение пикетов и километровых меток**». Ставят флажок напротив позиции «**Пикеты**» и проверяют, чтобы был убран флажок напротив параметра **«Сквозная нумерация»**.

На ветке **«Добавочные значения»** задают **«Шаг, м»** – **100** (чтобы подписывались только полные пикеты) и у позиции **«Отображать маркеры»** следует убрать флажок (маркеры предназначены для обозначения шага разбивки трассы. Если он совпадает с пикетами, то такие маркеры не нужны).

Затем в окне свойств переходят на закладку **«Подписи»** и ставят флажки напротив позиций **«Вершины углов»** и **«Границы кривых, начало и конец трассы»**.

Раскрывают ветку **«Границы кривых, начало и конец трассы»** и ставят флажки напротив позиций «**Начало и конец переходных кривых**», «**Начало и конец круговых кривых»**, «**Радиусы кривых**».

Раскрывают ветку **«Названия границ кривых»** и ставят флажки напротив позиций:

- «**Начало круговой кривой**»,
- «**Конец круговой кривой**»,
- «**Начало переходной кривой**»,
- «**Конец переходной кривой**».

Ставят флажки напротив позиций **«Начало трассы»** и **«Конец трассы»**.

Далее раскрывают ветку **«Пикеты»** и ставят флажок напротив позиции «Главное значение пикета». Тогда в подписи границ будет указываться всё значение пикета, а не только плюсовое значение.

Можно уменьшить размер текста, для чего надо раскрыть ветку **«Стиль текста»** и задать размер символов, например, 2,5 мм.

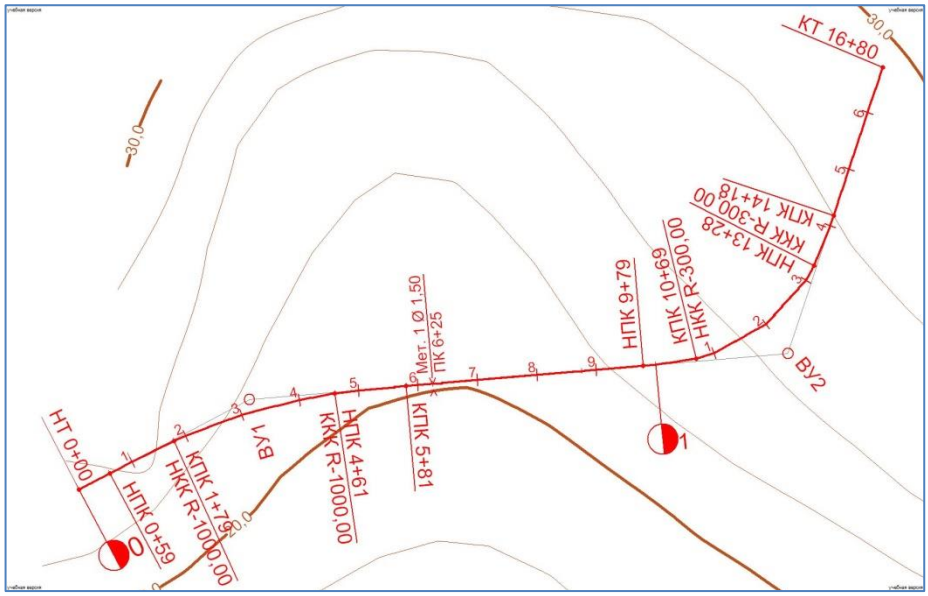


Рисунок 2 – Пример оформления трассы

1.3. Описание трассы по воздушной линии в пояснительной записке к курсовому проектированию. В описании трассы по «воздушной линии» указывают длину трассы. Её значение указано в окне **«Свойства»**.

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 > Угол»** в правом верхнем углу экрана. Схема измерения показана на рис 3. Нужно последовательно щёлкнуть левой кнопкой мыши в трёх точках (на проектируемой дороге, в точке пересечения трасс и на существующей дороге), моделирующих измеряемый угол. Программа выдает значения двух углов. При описании трассы нужно указывать значение острого угла. На рис. 3 оно составляет 64°23′39″.

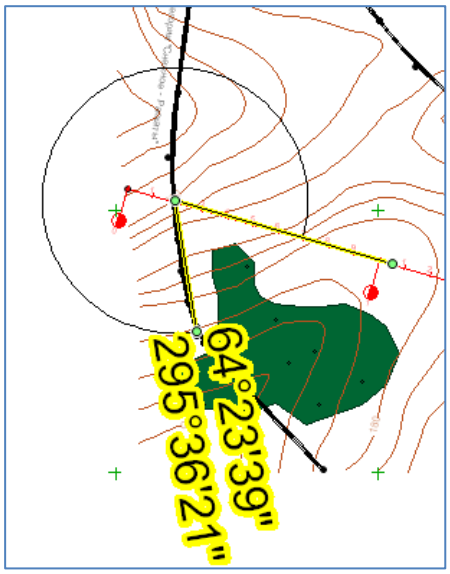


Рисунок 3 – Пример измерения величины угла

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°).

2. Проектирование первого варианта трассы

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 не менее 3 точек. Начинают трассу в точке, близкой к точке начала трассы по воздушной линии. Затем в стороне от воздушной линии строят вершину угла поворота так, чтобы обойти препятствия или сделать пересечения под приемлемым углом. Завершают построение приблизительно в конце трассы по воздушной линии двойным щелчком ЛКМ. Вариант трассы может содержать 1, 2 или 3 угла поворота.

Далее, с помощью команды «**Вершины трассы**» редактируют координаты точек начала и конца трассы в соответствии с заданием на курсовое проектирование (см. пункт 1.2 методических материалов). Точки начала и конца трассы для строящегося варианта и варианта по воздушной линии должны совпадать.

Вызывают окно **«Свойства»** для новой трассы (в дереве объектов нужно щёлкнуть по ней ЛКМ) и вводят новое имя – **Вариант 1**.

Проектируемый вариант трассы должен удовлетворять всем нормативным требованиям, поэтому их нужно сначала настроить. В окне **«Свойства»** 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 34.13330.2021 [4]. Необходимо заметить только, что предлагаемое программой ограничение 5 ‰ продольного уклона применяется только к участкам выемки, для того чтобы обеспечить продольный водоотвод по кюветам.

2.2. Редактирование тангенциального хода трассы. 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 > Угол**» 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 и расчётной скорости движения, приведены в табл. 1 (СП 34.13330.2021, табл. 5.4) [2].

Таблица 1 – Наименьшие значения длин переходных кривых (клотоид)

При расчётной скорости, км/час	**Длина переходной кривой, м, для радиуса кривой в плане, *R*, м**						
	250-300	**301-400**	**401-500**	**501-800**	**801-1200**	**1201-2000**	**2001-3000**
Менее 120	80	90	100	100	100	100	-
120 (II категория)	-	-	-	-	120	0,1*R*	-
120 и более (I категория)	-	-	-	-	120	0,1*R*	200

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 и переходных кривых. В программе IndorCAD в качестве переходных кривых используют клотоиды, поэтому нужно задать значения входной и выходной клотоиды в соответствии с табл. 1. 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 удаётся 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 элемент 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).

2.3. Описание варианта трассы. Пример описания варианта трассы*: На ЦММ 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.*

2.4 Создание ведомости углов поворота, прямых и кривых. В конце проектирования создают ведомость углов поворота, прямых и кривых. Необходимо активизировать команду **«Чертежи и ведомости»**. В правой части ленты в блоке «**Ведомости**» находим пиктограмму «**Редактор шаблонов**». В открывшемся окне на закладке **«Шаблоны»** в дереве на ветке «**План трассы / Углы поворота, прямые и кривые**» выделяем мышкой **«Стандартный шаблон»** (см. рис.4). Затем нажимаем на пиктограмму **«Копировать шаблон»**, после чего в дереве под стандартным шаблоном появится позиция «**Новый шаблон**». Выделяем его мышкой и с помощью соседней пиктограммы «**Переименовать шаблон**» называем его **«Стандартный шаблон с координатами»** (см. рис. 5).

На соседней закладке «**Свойства объекта: Углы поворота, прямые и кривые**» ставим флажки у позиций «**Координата X, м**» и «**Координата Y, м**». На макете шаблона в нижней части окна появится дополнительный столбик, выделенный жёлтым цветом (рис. 5). Теперь можно нажимать графическую кнопку <**ОК**>.

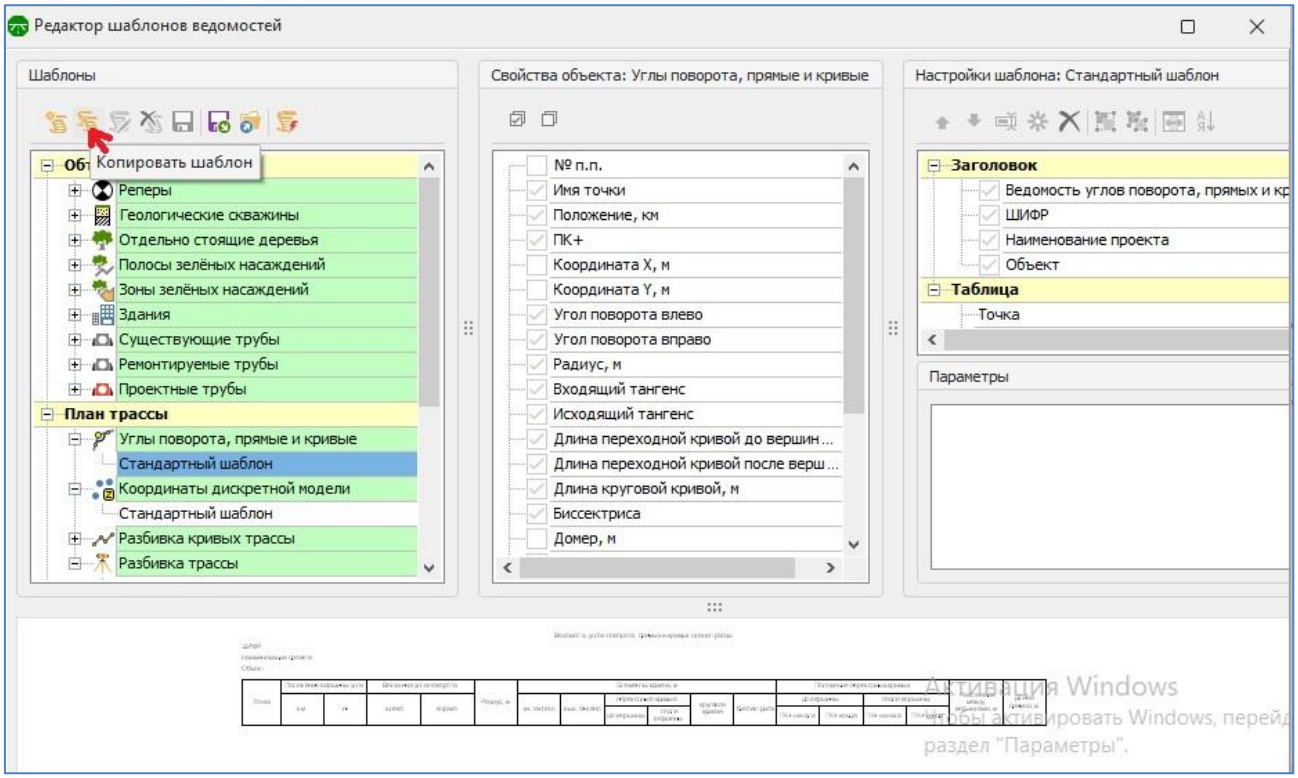


Рисунок 4 – Копирование стандартного шаблона ведомости

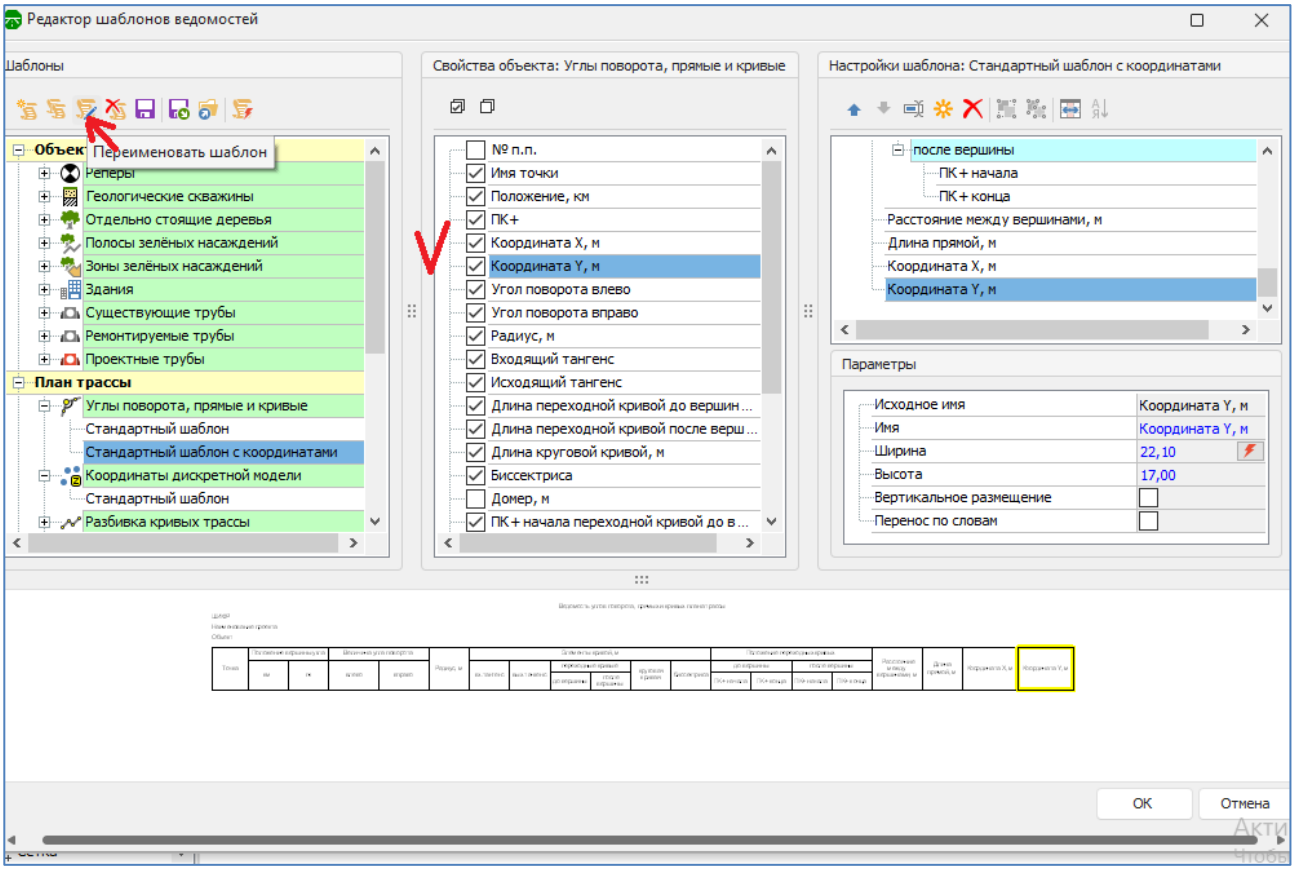


Рисунок 5 – Формирование стандартного шаблона с координатами

Далее в блоке «**Ведомости**» находим пиктограмму «**План трассы**»  и раскрываем её. В появившемся списке выбираем «**Ведомость углов поворота, прямых и кривых плана трассы…**» и у позиции «**Шаблон ведомости**» выбираем созданный нами «**Стандартный шаблон с координатами**». Вывод километров следует указать: «**Как в ГОСТ 21.701.2013 (рисунок В.1)**».

Далее, откроется окно «**Предварительный просмотр ведомости**» с ведомостью углов поворота, прямых и кривых. Выполняем команду «**Поместить в проект**» (рис. 6).

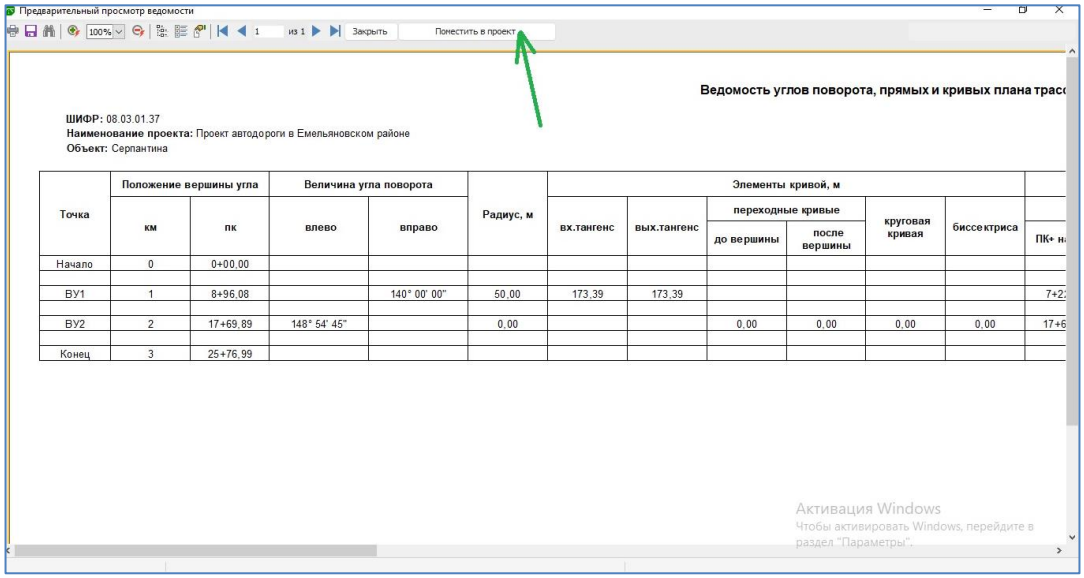


Рисунок 6 – Окно предварительного просмотра ведомости углов

Ведомость будет размещена не только на экране, но и в самом проекте, т.е. на закладке «**Ведомости**» над главным окном системы. Активируем её, после чего появится список всех созданных и помещённых в проект ведомостей. В примере проекта, на рис. 7 их уже несколько.

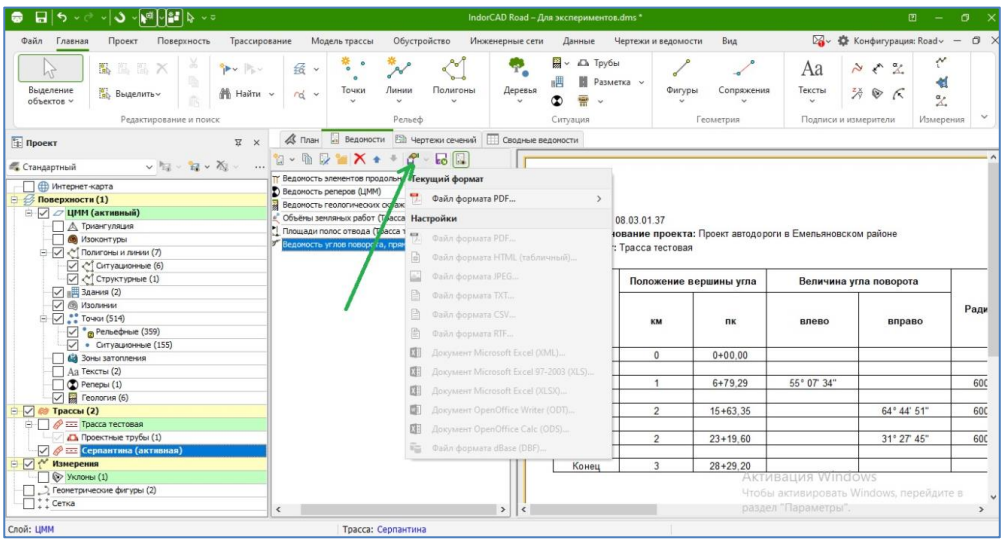


Рисунок 7 – Размещение ведомости в проекте (на закладке «Ведомости»)

Теперь уже из проекта можно ведомость выводить в файл. Проверяем текущий формат для вывода документа, нажав пиктограмму **«Настройки экспорта ведомостей»** (дискета с кистью руки). Она показана на рис. 7. Откроется список форматов, в котором в учебной версии активным является только формат pdf.

Экспорт осуществляется по соседней пиктограмме «Экспортировать выбранную ведомость в файл» - пиктограмму с изображением дискеты (рис. 8).

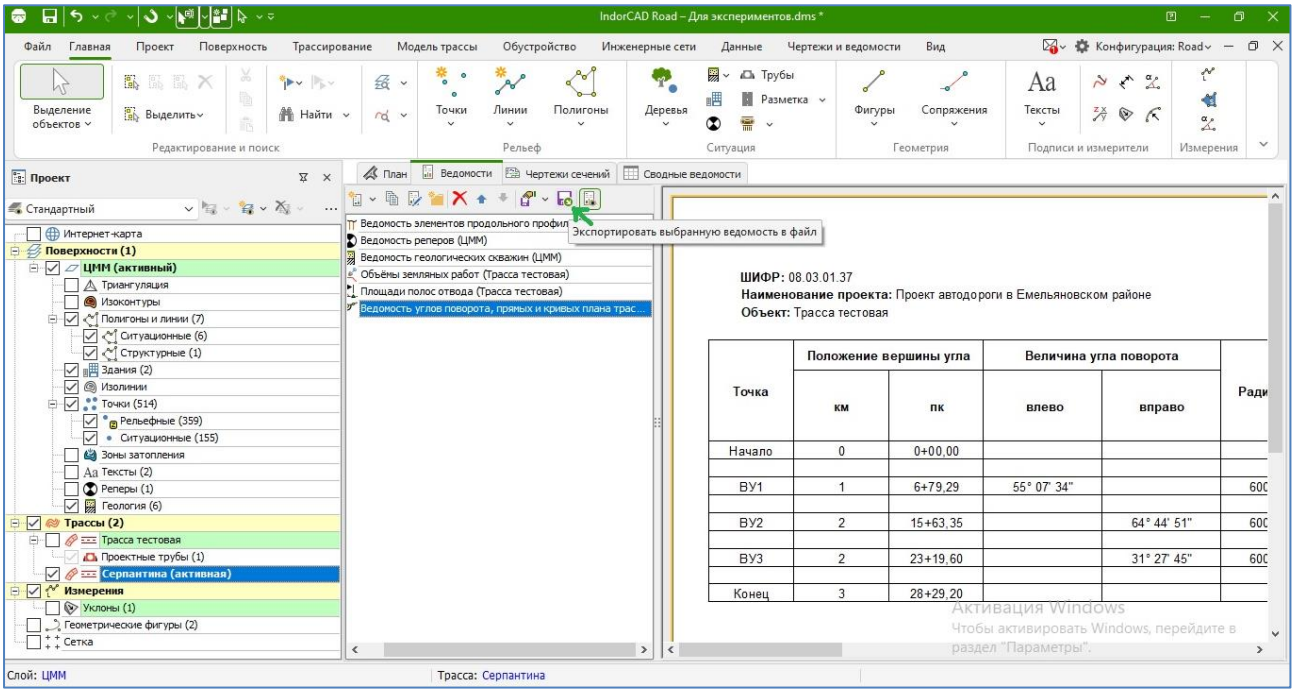


Рисунок 8 – Пиктограмма для экспорта ведомости в файл

Следует выбрать папку, в которой будет храниться файл, т.е. папку, где размещены все файлы проекта. Программа запишет файл в формате pdf и с именем «**Ведомость углов поворота, прямых и кривых**». Потом необходимо будет зайти в эту папку и переименовать файл с ведомостью, т.е. добавить в имя номер варианта. Иначе при создании ведомости для других вариантов трассы программа при создании файла с этим же именем испортит его.

2.5 Проектирование второго варианта трассы. На следующем этапе приступают к проектированию второго варианта трассы. Обычно второй вариант должен обходить препятствия с другой стороны воздушной линии. 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, например: «**Ведомость 2**».

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 включено окно «**Свойства**».

3 Создание чертежа плана трассы

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**» активизируют команду «**Чертёж плана**». В открывшемся окне **«Формирование чертежа плана»** выбирают позицию «**Весь чертёж на один лист**». Далее появляется окно **«Просмотр сформированного чертежа»**, в котором нужно на ветви дерева **«Настройка чертежа»** для **«Типа чертежа плана»** включить вариант **«2D (плоский)»**.

В заголовке окна активизируют команду «**Экспорт > В файл изображения**». Откроется новое окно **«Экспорт изображения в файл».** В нём на закладке «**Файл**» заполняют строки:

- файл экспорта – указать папку и название чертежа;
- формат файла – ***ipeg***;
- масштаб – **1:1**;
- разрешение – **300** dpi.

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

Список источников

1. Официальный сайт компании IndorSoft http://www.indorsoft.ru [электронный ресурс].
2. СП 34.13330-2021. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* : дата введения 2021-08-10. – Москва: Минстрой России, 2021. – 99 с.
3. ГОСТ 21. 701-2013 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автомобильных дорог. – Москва, Стандартинформ, 2014. – 35 с.