

3. Вариантное проектирование в CREDO Дороги

3.1. Создание или открытие проекта

После запуска программы CREDO Дороги через меню **Данные** — **Создать (Открыть) набор проектов** откроется окно **План** (рис. 21).

В правой части экрана во вкладке **Проекты и слои** появится **Новый набор проектов**. Можно изменить название набора проектов с помощью клавиатуры F2 или нажатием левой клавиши мыши, выделив существующее название. В наборе проектов нажатием правой клавиши мыши или через локальную панель инструментов **Создайте узел на одном уровне**, присвойте имя **Карта**.

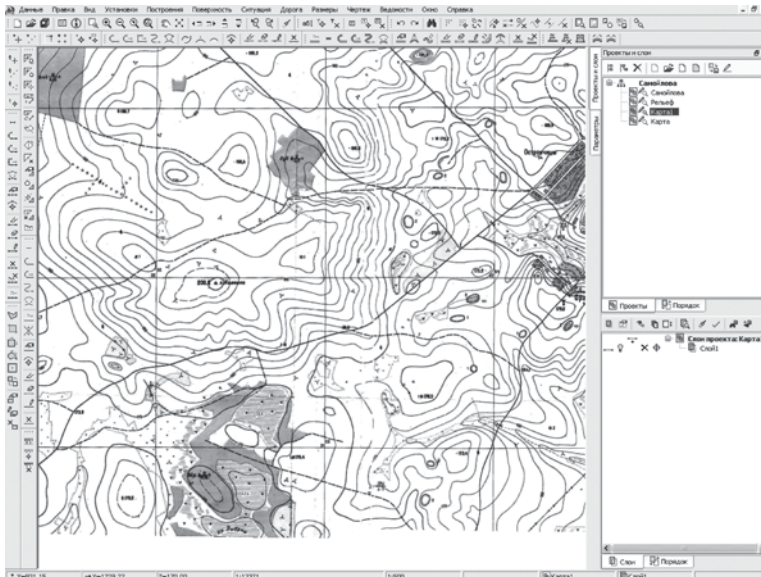


Рис. 21. Интерфейс в окне **План** системы CREDO Дороги

3.2. Импорт данных

Исходные данные для проекта можно получить импортом файлов:

- растровой подложки формата *.bmp, *.jpg;
- координат и отметок точек формата *.txt;
- чертежей из AutoCAD 2004 формата *.dxf.

Импорт растровой подложки

Отсканируйте карту района строительства масштабом 1:10 000, чтобы создать растровую подложку в виде файла формата *.bmp, *.jpg. Растровая подложка карты содержит данные и образует неактивный слой в системе CREDO, служащий только для ориентирования.

В набор проектов растровую подложку можно импортировать двумя способами.

1-й способ. Выделите двойным щелчком мыши новый узел **Карта**. Нажатием правой клавиши мыши или через локальную панель инструментов **Создать проект** выберите: создать проект импортом внешних данных, импорт растра. Укажите путь к файлу формата *.bmp, *.jpg.

2-й способ. В узле **Карта** создайте пустой проект и активизируйте слой. Импорт растровой подложки произведите через меню **Данные** — **Растровые подложки** — **Управление растровыми подложками** — **Данные** — **Импорт подложки**. Укажите путь к файлу формата *.bmp, *.jpg.

Чтобы проект отобразить на экране, выберите меню **Вид** — **Показать** — **Все**.

Укажите масштаб проекта 1:10 000 через меню **Установки** — **Свойства набора проектов** — **Карточка набора проектов** — **Масштаб**.

Для координатной привязки и трансформации растровой подложки слой **Карта** должен быть активным. Активный слой — прозрачная пленка, в которой выполняется текущая работа. Выберите меню **Правка — Преобразование координат проекта — По совмещенным точкам — Выбор проекта**.

Для масштабирования растровой подложки задайте координаты 3 узлов координатной сетки с учетом масштаба карты. Помните, что **X** — вертикальная ось, **Y** — горизонтальная.

У курсора существует пять режимов работы: **Указание точки** — крест, **Захват точки** — крест с окружностью, **Захват линии** — крест с ромбом, **Выбор полигона** — стрелка, **Выбор текста** — стрелка с **T**. Переход от одного режима к другому осуществляйте нажатием колесика мыши или клавиши **F7**, а также автоматически.

Щелкните в узел координатной сетки растровой подложки курсором в режиме **Указание точки**. В правой части экрана переход на вкладку **Параметры** происходит автоматически. Задайте координаты $X_2 = 1000$, $Y_2 = 1000$ для масштаба 1:10 000. **Enter. Применить построение**. Для смежного узла вдоль горизонтальной линии на восток координаты: $X_2 = 1000$, $Y_2 = 2000$, а для смежного узла вдоль вертикальной линии на север координаты: $X_2 = 2000$, $Y_2 = 1000$. После ввода всех точек нажать **Закончить метод (F10)**.

При оцифровке растровой подложки можно увеличить прозрачность слоя **Карта** через локальную панель инструментов, установив 50%. Чем ниже в списке слоев проекта находится слой, тем выше в наборе проекта пленка слоя с данными. Через локальную панель инструментов можно **Переместить выше** или **ниже** слой, предварительно его выделив.

Через меню **Данные** сохранить на жестком диске или на флеш-накопителе выполненную работу.

Импорт файла координат и отметок точек

Материалы инженерных топогеодезических изысканий представить в виде текстового файла формата *.txt, содержащего координаты и отметки точек. Существует два способа импорта текстового файла.

1-й способ. Выделите двойным щелчком мыши новый узел **Карта**. Нажатием правой клавиши мыши или через локальную панель инструментов **Создать проект** выберите: создать проект импортом внешних данных, импорт текстового файла. Укажите путь к файлу формата *.txt.

2-й способ. В узле **Карта** создайте пустой проект и активизируйте слой. Импорт растровой подложки произведите через меню **Данные — Импорт данных в проект**. Во вкладке **Параметры** выберите тип данных: ТХТ, указывая путь к файлу и слой, в который импортировать данные.

В диалоговом окне выберите **Правка — Выбрать все (левая панель)**. На панели инструментов нажмите стрелку, указывающую вправо. Скопируется вся информация из левого окна в правое. В правом окне замените 4 наименования **Игнорировать**, используя правую клавишу мыши, на **Имя, X, Y, Z**. Через меню **Правка — Выбрать все (правая панель)** на панели инструментов нажмите стрелку, указывающую вниз. **Показать все**.

3.3. Создание цифровой модели ситуации местности

Цифровая модель местности (ЦММ) включает цифровую модель ситуации (ЦМС) и цифровую модель рельефа (ЦМР).

На основе полученных цифровых моделей местности можно проектировать план трассы дороги, продольный и поперечные профили земляного полотна, искусственные сооружения, транспортные развязки.

Цифровая модель ситуации — это цифровое представление топографических объектов местности.

Один раз в начале работы загрузите **Классификатор** с условными знаками и обозначениями через меню **Данные — Импорт разделяемых ресурсов**. Укажите путь к базе данных: диск **C /Program Files/CREDO-III 2013 /DB Data/Share Data.dbx**. Подключите базу данных **Классификатора**, установив флажок **Удалить все и добавить новые. Импортировать**.

Создайте узел на одном уровне и пустой проект, присвойте имя **Ситуация**. Сделайте слой активным. Используя локальную панель инструментов, нажмите кнопку **Организатор слоев** и создайте на одном уровне слои: **Растительность**; **Коммуникации**; **Гидрография**; **Строения**.

Создайте тематические объекты (ТО): точечные, линейные, площадные, активизируя нужный слой и выбирая меню **Ситуация — Линейный объект (Площадной объект) — Слайнами по точкам (С созданием элементов, Ортогонально)**.

Курсором в режиме **Указание точки**, нажимая левую клавишу мыши, укажите места изгибов и двигайтесь последовательно по контуру объекта. Отменить последнюю созданную точку можно нажатием правой клавиши мыши, а последующим нажатием можно удалить все точки объекта. Закончите построение курсором в режиме **Захват точки**, щелкнув дважды на последней точке, или замкните линию, захватив первую точку объекта.

Условия отображения тематических объектов выберите в **Параметрах** через **Объект классификатора** в **Классификаторе**: Генплан и транспорт или Топоплан. Оформление подписей выполняется автоматически или после создания объекта.

Используя команду **Информация «i»** и указав на выбранный элемент, можно узнать во вкладке **Параметры**, какому слою и объекту принадлежит построение. При создании и редактировании любого элемента указывайте команды **Применить построение** и **Закончить метод**.

Переместите выше или ниже слой **Ситуация** или увеличьте прозрачность слоя, чтобы заливка цветом тематических объектов не мешала дальнейшей работе.

3.4. Создание цифровой модели рельефа местности

Цифровая модель рельефа (ЦМР) — это цифровое представление трехмерного пространства поверхности или рельефа через сетку треугольников, построенная на основе точек (вершин треугольников) и структурных (трехмерных) линий, которые

соединяют точки, имеющие координаты и высоту (рис. 22). Автоматическое построение сетки треугольников осуществляется по алгоритму расчета триангуляции Делоне.

Для создания цифровой модели рельефа используют:

- рельефные точки;
- структурные линии;
- группы треугольников.

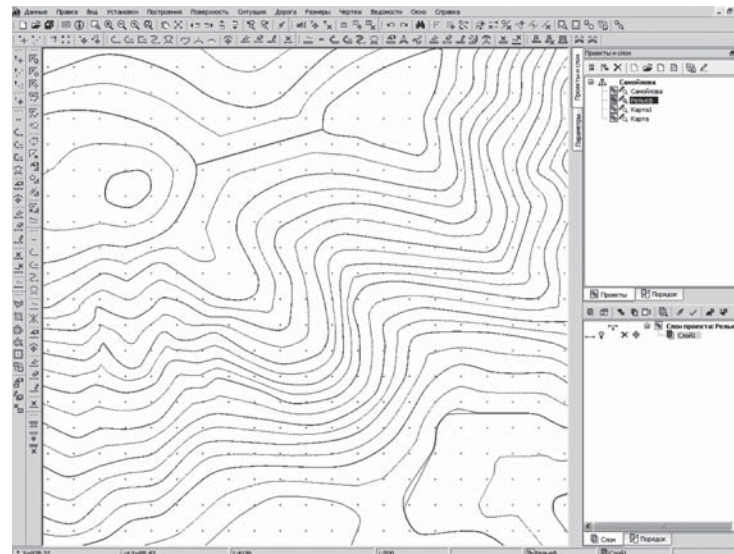


Рис. 22. Оцифровка горизонталей местности

Создайте узел на одном уровне и пустой проект, присвойте имя **Рельеф**. Активизируйте слой. В программе предусмотрено автоматическое сохранение.

Оцифровка горизонталей растровой подложки карты

Вначале для построения ЦМР местности выполните оцифровку горизонталей растровой подложки карты. Желательно иметь копию карты в бумажном варианте. Выберите меню **Поверхность — Структурная линия — Слайн по точкам** и курсором в режиме **Указание точки** укажите места изгибов,

двигаясь последовательно по горизонтали. Не создавайте слишком часто рельефные точки. Закончите построение курсором в режиме **Захват точки**, щелкнув дважды на последней точке, или закройте линию, захватив первую точку горизонтали.

Во вкладке **Параметры** укажите для первого профиля: метод определения — с постоянной высотой, отметку горизонтали. Не забывайте нажимать **Enter**, **Применить построение** и **Заключить метод** после ввода всех точек.

Редактирование структурной линии выполните через меню **Поверхность — Редактировать структурную линию — Параметры**. Курсором в режиме **Захват линии** выделите нарисованную горизонталь. Во вкладке **Параметры** установите метод определения — с постоянной высотой — и отметку.

Автоматическое построение ЦМР

Для автоматического построения ЦМР выберите меню **Поверхность — Создать поверхность — Создать в контуре**. Обведите контур курсором в режиме **Захвата точки** по всем крайним точкам горизонталей, замыкая линию.

Во вкладке **Параметры** установите:

- Максимальная длина ребра, м, — 9999.
- Стилль поверхности — горизонтали рельефные.
- Вид — интерполяционные.
- Шаг горизонталей — 2,5 м.
- Дополнительные горизонтали — отображать.

Задайте автоматическое построение ЦМР через локальную панель инструментов **Создать поверхность**. Примените построения.

Для отображения рельефа горизонталями во вкладке **Проекты и слои** выключите видимость через локальную панель инструментов **Фильтры видимости**: точки основные и дополнительные, ребра триангуляции, структурные линии и т. д. Укажите команду **Перерисовка в реальном времени**. Закройте окно **Фильтры видимости** повторным нажатием.

Оформление результатов проектной поверхности: создание бергштрихов и надписей отметок для горизонталей. Через меню

Поверхность — Бергштрихи и надписи горизонталей — С созданием элементов нарисуйте отрезок прямой линии, пересекая нужные горизонтали. Во вкладке **Параметры** укажите: бергштрихи — да, горизонтали — да.

Редактирование ЦМР

Построенную ЦМР можно редактировать, например удалить узкие треугольники на краях, перебросить ребра, создать дополнительно структурные линии и перестроить поверхность с их учетом.

Если по внешнему контуру необходимо удалить длинные узкие треугольники, выберите меню **Поверхность — Удалить поверхность — Удалить треугольники** и курсор в режиме **Выбор полигона** (стрелка). Для переброски ребра выберите меню **Поверхность — Редактировать поверхность — Перебросить ребро**.

Для сложных форм рельефа местности (талвег, водораздел, дорога, река, откос, подпорные стенки) цифровую модель рельефа дополните структурными линиями с двойным профилем. При редактировании структурной линии во вкладке **Параметры** укажите второй профиль — вертикальная плоскость, слева или справа в зависимости от расположения по ходу структурной линии и высоту вертикальной плоскости второго профиля относительно первого.

Выберите меню **Установки — Активный проект — Стили элементов проекта** для оформления характерных форм рельефа (обрывов, откосов). Перестройте поверхность вдоль структурных линий через меню **Поверхность — Создать поверхность — Пересоздать вдоль структурной линии**. Установите настройку **Упорядочить ребра вдоль структурных линий** и **Применить настройки**.

ЦМР по материалам изысканий

Представленные материалы инженерных топогеодезических изысканий в виде текстового файла формата *.txt содержат координаты и отметки точек.

Автоматическое построение ЦМР осуществляют аналогично, как после оцифровки горизонталей растровой подложки карты, через меню **Поверхность — Создать поверхность — Создать в контуре**. Построенную ЦМР можно отредактировать приведенными выше методами. Аналогично оформляют бергштрихи и надписи отметок для горизонталей.

3.5. Вариантное проектирование автомобильной дороги

Запроектируйте два варианта плана автомобильной дороги (рис. 23). Варианты автодороги должны быть конкурирующими. Один вариант может приближаться к воздушной линии, а другой — запроектирован с целью уменьшения объема земляных работ или улучшения условий прокладки трассы.

Первый вариант плана автомобильной дороги взять из курсового проекта № 1 по дисциплине «Изыскание и проектирование автомобильных дорог» на тему «Проект автомобильной дороги».

Чертеж «План автомобильной дороги» с начерченными тремя крестами в узлах координатной сетки, выполненный в программе *AutoCAD 2004*, сохраните как файл «1 вариант» формата *.dxf в базе данных для проектируемого объекта.

В наборе проектов создайте узел на одном уровне и присвойте имя «1 вариант». Создайте проект импортом внешних данных, выберите **Импорт файла DXF**. Укажите путь к файлу «1 вариант» формата *.dxf. Произведите настройку данных импорта.

Координатную привязку и трансформацию чертежа выполните как для растровой подложки через меню **Правка — Преобразование координат проекта — По совмещенным точкам**.

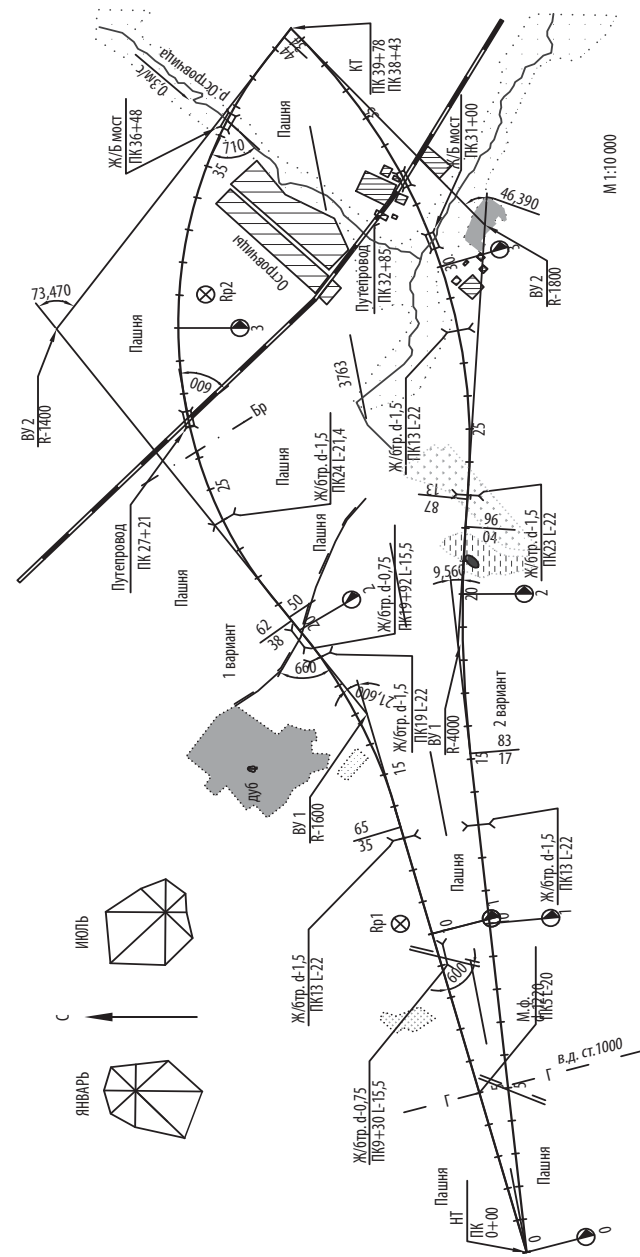


Рис. 23. Варианты плана трассы автомобильной дороги

3.6. Проектирование плана автомобильной дороги

Существует три метода проектирования плана трассы: создание тангенциального хода, примитивов, полилинии.

1-й метод. Создание тангенциального хода

Для проектирования варианта плана автомобильной дороги в наборе проектов создайте узел на одном уровне, присвойте имя «2 вариант», создайте пустой проект. Активизируйте слой.

В окне **План** через меню **Дорога — Создать трассу АД — С созданием элементов** проложите тангенциальный ход с созданием вершин углов поворота. Используйте курсор в режиме **Указание точки** и закончите построение через локальную панель инструмента **Последний элемент построения** или повторным захватом последнего узла курсором в режиме **Захвата точки**.

Во вкладке **Параметры** назначьте параметры автомобильной дороги. Имя трассы — 2-й вариант. Тип линии трассы — сплошная. УЗ (условные знаки) сопряжения элементов не отображать. Пикеты кратные — создавать.

Не забывайте при вводе цифр нажимать клавишу **Enter**, при создании и редактировании элемента указывать команды **Применить построение** и **Закончить метод**.

Способы изменения трассы:

- редактировать тангенциальный ход;
- редактировать параметры закругления;
- объединить/разделить ВУ.

Редактирование тангенциального хода

Через меню **Дорога — Редактировать трассу АД — Изменить через ВУ** курсором в режиме **Захват линии** укажите трассу.

На локальной панели инструментов нажмите кнопку **Редактировать тангенциальный ход**. Во вкладке **Параметры** выберите способ перемещения вершины углов поворота: произвольно, по

тангенсу Т1, тангенсу Т2, биссектрисе, горизонтально, вертикально; сохранить пикеты — нет.

Можно перенести трассу параллельно или вершину угла поворота, уточнив величину L смещения. Пикетаж по трассе пересчитывается автоматически с учетом изменения длины трассы. Измените местоположение ВУ курсором в режиме **Захвата точки**.

Редактирование параметров закругления

Через локальную панель инструментов **Редактировать параметры закругления** курсором в режиме **Захвата точки** укажите вершину угла поворота.

При построении плана трассы автодороги чередуют прямые линии, круговые кривые и переходные кривые в виде клотоид: L — прямая, C — окружность, K — клотоида или S -сплайн.

Во вкладке **Параметры** выберите схему сопряжения $K-nC-K$, введите радиусы круговых кривых и длины переходных кривых. Остальные параметры закругления пересчитываются автоматически. Можно изменять параметры закругления курсором в режиме **Захвата точки**, перемещая точку на биссектрисе, начало и конец кривой по тангенсу. Пикетаж по трассе пересчитывается автоматически с учетом вписанных кривых.

Объединить/разделить ВУ

Через локальную панель инструментов **Объединить ВУ** курсором в режиме **Захват линии** укажите трассу, затем линию, которая соединяет смежные ВУ.

Через локальную панель инструментов **Разделить ВУ** курсором в режиме **Захват линии** укажите трассу. Постройте касательную к существующей кривой, перемещая курсор по трассе, и укажите точку разделения.

Можно изменить направление разбивки пикетажа через меню **Дорога — Редактировать трассу АД — Параметры**, если во вкладке **Параметры** выберите: общее — инвертировать направление дороги — нет.

2-й метод. Создание примитивов

Примитивы — это прямая, окружность, сплайн, клотоида. При создании примитивов на экране обычно отображается только часть элемента, например дуга вместо окружности, отрезок вместо прямой.

Выберите меню **Построения — Прямая — По 2 точкам**. Курсором в режиме **Захвата точки** щелкните в начало трассы. Разверните луч в нужном направлении и укажите ВУ. Повторите построение до следующего ВУ или до конца трассы.

Чтобы создаваемая трасса пересекала под прямым углом, например, существующую железную или автомобильную дорогу, выберите команду **Построения — Прямая — По нормали**. Сначала укажите в режиме **Захвата линии** пересекаемый линейный тематический объект, а затем курсором в режиме **Захвата точки** — конец построенного отрезка трассы автомобильной дороги.

Впишите кривые в вершины углов поворота через меню **Построения — Окружность — Касательная к двум элементам**. Курсором в режиме **Захват линии** укажите первый отрезок, сдвиньте курсор ко второму отрезку и укажите его. Укажите точку внутри угла курсором в режиме **Указания точки**. Во вкладке **Параметры** назначьте радиус вписываемой окружности.

Выберите меню **Дорога — Создать трассу АД — По существующим элементам**. Курсором в режиме **Захват линии или точки** укажите первый отрезок, точку начала трассы, окружность, последовательно все примитивы, последний отрезок дважды, точку конца трассы. Во вкладке **Параметры** выберите параметры трассы.

3-й метод. Создание полилинии

Выберите меню **Построения — Полилиния — С созданием элементов**. Проложите тангенциальный ход с созданием вершин углов поворота курсором в режиме **Указание точки** и закончите построение повторным захватом последнего узла.

Через меню **Построения — Сопряжение — 2 элементов К-иС-К** курсором в режиме **Захват линии** укажите первую прямую, а затем вторую. Укажите точку внутри угла курсором в режиме **Указания точки**. Во вкладке **Параметры** назначьте радиус вписываемой окружности в вершину угла поворота.

Трассу создайте по аналогии со 2-м методом через меню **Дорога — Создать трассу АД — По существующим элементам**.

При вариантном проектировании автомобильной дороги активизируйте слой **«1 вариант»**. Создайте план трассы по существующим элементам на полилинии из импортируемого файла формата *.dxf по аналогии.

Сохраните изменения в окне **План**. На рисунке 24 показан чертеж DXF плана трассы двух вариантов автомобильной дороги, полученный экспортом из CREDO в *AutoCAD*.

3.7. Ведомость углов, прямых, круговых и переходных кривых

Активизируйте слой 1 или 2-й вариант плана и выберите меню **Ведомости — Углов поворота, прямых и кривых**. Во вкладке **Параметры** определите нужный шаблон ведомости. Курсором в режиме **Захват линии** укажите проектируемую трассу. В открывшемся **Редакторе ведомостей** сохраните файл в формате *.html. Затем откройте сохраненный файл и выполните: править в *Microsoft Office Word* (табл. 45). Аналогично можно выбрать и сохранить ведомости разбивки каждого закругления.

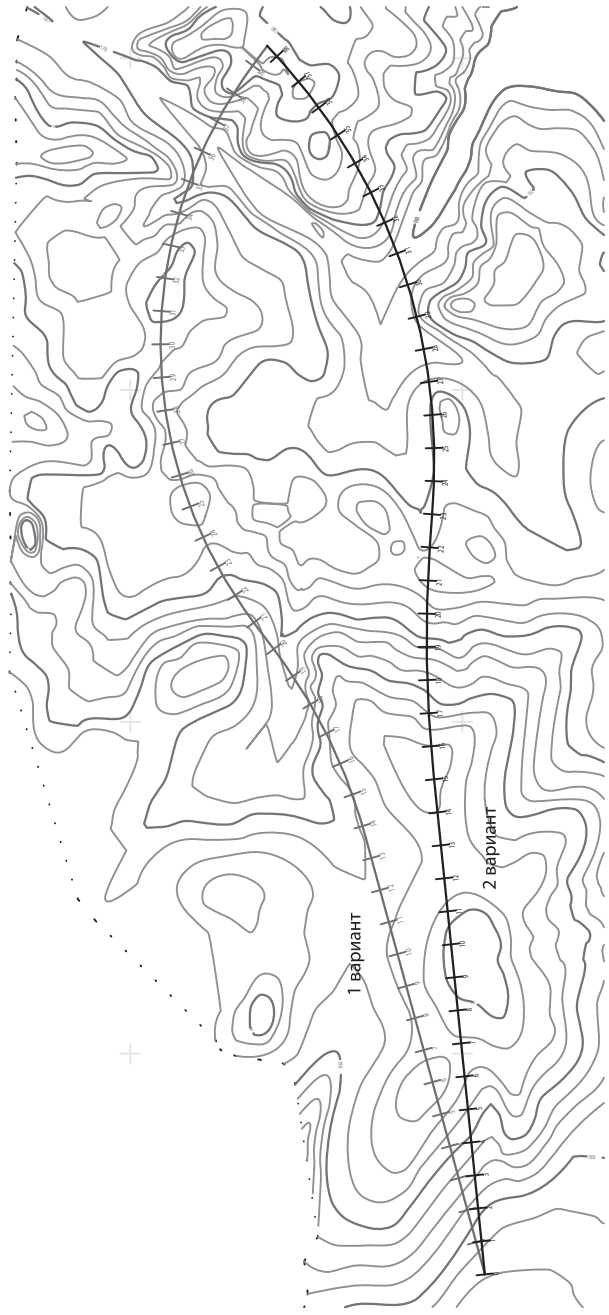


Рис. 24. Экспорт из CREDO плана трассы автомобильной дороги в формат DXF

Таблица 45

Ведомость углов, прямых, круговых и переходных кривых

Точка	Местоположе- ние вершины угла, ПК	Величина угла поворота		Радиус, м	Элементы закругления с переходной кривой, м				Положение закругления		Расстоя- ние между вершина- ми углов, м	Длина прямой, м	
		влево	вправо		Переходная кривая	Тангенс	Кривая	Домер	Биссек- триса	Начало, ПК			Конец, ПК
НТ	0 + 00				1-й вариант								
ВУ1	16 + 89	21°26'		1 600	100	357,24	707,00	7,48	29,49	13+32	20+39	1689	1332
ВУ2	31 + 45		73°17'	1 400	100	1095,29	1895,48	295,09	347,41	20+49	39+44	1463	10
КТ	39 + 74											1125	29
НТ	0 + 00				2-й вариант								
ВУ1	18 + 61		9°30'	4 000	–	344,19	686,69	1,69	14,78	15+17	22+04	1861	1517
ВУ2	31 + 15	46°25'		1 800	100	827,17	1554,37	87,21	160,82	22+87	38+42	1255	83
КТ	38 + 43											816	1

3.8. Проектирование продольного профиля

Существует три метода проектирования продольного профиля: оптимизации, конструирования, комплексный.

1. Метод оптимизации

Метод оптимизации обеспечивает минимальные объемы работ путем задания эскизной линии и контрольных точек в начале и конце трассы, у искусственных сооружений.

Активизируйте слой 1 или 2-й вариант, где создан план трассы в наборе проекта. Через меню **Дорога — Работа с профилями трассы АД** курсором в режиме **Захват линии** выделите проектируемую трассу. Во вкладке **Параметры** укажите: профили линейных объектов — отображать, горизонтальный масштаб — 1:5 000, вертикальный масштаб 1:500, отношение масштабов 10, развернутый план — создавать, ширина полосы — 50 м, горизонтали и растровая подложка — передавать.

После команды **Применить построение** вы перешли в окно **Профиль** (рис. 25). Рабочее окно **Профиль** разделено на несколько горизонтальных окон, которые можно сворачивать, перемещать: 3D-вид, Поперечный профиль, Продольный профиль, Геология, Развернутый план, Сетки: план, черный и проектный профиль и т. д. Через меню **Исходные профили — Черный профиль — Назначить** укажите курсором линию земли. Примените построение и сохраните.

Редактирование черного продольного профиля

Сделайте активным слой **Черный профиль — Ординаты**. Через меню **Исходные профили — Данные от черного профиля — Ординаты** во вкладке **Параметры** измените: на ПК — создавать, в узлах профиля — не создавать, с шагом — 100 м. На локальной панели инструментов укажите команду **Создать элементы по параметрам**.

Активизируйте слой **Черный профиль — Рабочие отметки от линии быта**. Используя правую кнопку мыши в окне **Сетки**

черного профиля — **Отметки**, измените во вкладке **Параметры**: способ создания — по ординатам. Укажите команду **Создать элементы по параметрам**. Аналогично редактируйте **Расстояния**.

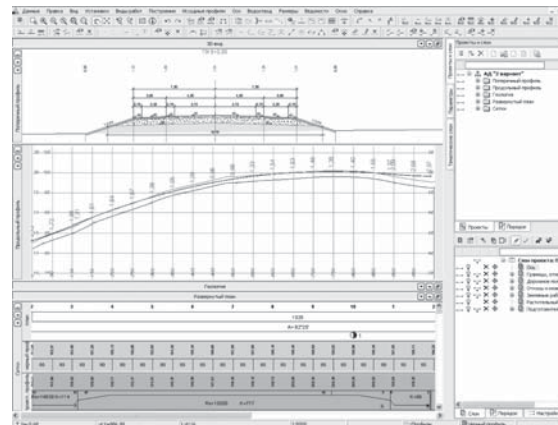


Рис. 25. Проектирование в окне Профиль

Размещение водопропускных труб и мостов

Работают в окне **План**. Активизируйте слой **Ситуация/Гидрография**. Создайте линейные тематические объекты (трубы, мосты) через меню **Ситуация — Линейный объект — С созданием элементов**. Во вкладке **Параметры** выберите объект классификатора — **Труба (Мост)**. Укажите длину, диаметр, материал, пикет. Профиль объекта — создавать, метод определения — с постоянным уклоном. Задайте отметку начала и уклон. Уклон вводят со знаком «-», если входной оголовок расположен слева от оси трассы.

Создание линии руководящих отметок (ЛРО)

Линия руководящих отметок создается автоматически по рабочим отметкам от черного профиля.

Работают в окне **Профиль**. Выберите меню **Виды работ — Работа с профилями**. Во вкладке **Проекты и слои** активизируйте слой **Данные объекта — Дополнительные условия — Высота незаносимой снегом насыпи по оси**.

В окне **Сетки/Дополнительные условия**, используя правую кнопку мыши, выберите **Высота не заносимой снегом насыпи по оси**. На локальной панели инструментов нажать команду **Создать точку**, указывая курсором в режиме **Захвата точки** в начало трассы. Во вкладке **Параметры** занесите возвышение бровки насыпи над уровнем снегового покрова для начала трассы, затем аналогично — для конца трассы. Примените построение и закончите метод.

Задайте **Тип местности по увлажнению и УСПВ, Глубину РУГВ, Возвышение оси над РУГВ, Расчетный горизонт воды. Возвышение оси над расчетным горизонтом воды** через вкладку **Проекты и слои: Данные объекта — Дополнительные условия**.

Во вкладке **Проекты и слои** активизируйте слой **Сетки — Данные профилей — Линия руководящих отметок — Рабочие отметки от черного профиля**. В окне **Сетки/ЛРО**, используя правую кнопку мыши, выберите **Рабочие отметки от черного профиля**. На локальной панели инструментов нажать команду **Создать точки по параметрам**. Примените построение.

Затем на локальной панели инструментов нажать команду **Создать линию руководящих отметок**. Примените построение и закончите метод.

Создание эскизной линии

Эскизная линия — это эскиз, желаемое положение проектного продольного профиля.

Через меню **Оси — Эскизная линия — По смещению** выберите черную линию продольного профиля курсором в режиме **Захват линии**, затем курсором в режиме **Захват точки** укажите начало и конец трассы. Переместите эскизную линию курсором в режиме **Указание точки** вертикально, во вкладке **Параметры** редактируйте отметку по высоте или смещение по высоте на величину руководящей рабочей отметки.

Если эскизную линию устраиваете по линии руководящих отметок (**ЛРО**), то выберите меню **Оси — Эскизная**

линия — На полилинии. Во вкладке **Параметры** укажите выбор по фильтру — **ЛРО** и дважды щелкните мышкой по **ЛРО** на профиле.

Не забывайте при вводе цифр нажимать клавишу **Enter**; при создании и редактировании элемента указывать команды **Применить построение** и **Закончить метод**.

Назначение контрольных точек

Контрольные точки в начале и конце трассы, у искусственных сооружений разбивают продольный профиль на интервалы оптимизации. Через меню **Оси — Параметры оптимизации — Контрольные точки** во вкладке **Параметры** укажите команду **Создать элемент по курсору**. Курсором в режиме **Захват точки** (для начала и конца трассы) или **Указание точки** нанесите несколько контрольных точек. Во вкладке **Параметры** уточните пикетажное положение, высотную отметку, уклон контрольной точки для отрезка прямой. Если по кривизне — ограничить, то укажите радиус дуги параболы и кривизну. Примените построение и закончите метод.

Оптимизация продольного профиля

При оптимизации продольного профиля проектная линия автоматически будет максимально приближена к эскизной линии с заданным условием приближения.

Назначьте минимальные радиусы выпуклых и вогнутых кривых, максимальные уклоны, условия приближения к эскизной линии через меню **Оси — Параметры оптимизации**.

Обновите и проверьте **Интервалы оптимизации**, выбрав меню **Оси — Параметры оптимизации**. Через меню **Оси — Проектный профиль — Оптимизацией** на панели инструментов **Выполните экспресс-оптимизацию или слайд-оптимизацию**. Продольный профиль оптимизируйте по интервалам, выбирая необходимый участок во вкладке **Параметры**. После завершения оптимизации откроется окно **Оптимизация завершена, ОК**. После оптимизации всех интервалов профиля примените построение и сохраните.

Редактирование проектного профиля

Если проектная линия представлена сплайнами малой длины, можно отредактировать проектную линию продольного профиля. Отключите видимость сетки **Черный профиль** и увеличьте редактируемый участок. Выберите меню **Оси — Редактировать проектный профиль — Изменить узлы и звенья**. Курсором в режиме **Захвата линии** укажите линию проектного профиля. На локальной панели инструментов нажать команду **Заменить сегмент звеном**. Во вкладке **Параметры** выберите: Заменить звеном — Р-параболой. Курсором в режиме **Захвата точки** укажите на профиле точку 1, затем точку 2. Перемещая курсор вверх и вниз в середине редактируемого интервала, зафиксируйте положение параболы. Уточните радиус параболы, примените построение.

Через меню **Правка — Актуализировать все данные от профилей** пересоздайте проектную линию профиля через локальную панель инструментов **Выполнить расчет**. Примените построение.

2. Метод конструирования

Метод конструирования позволяет создавать и сопрягать геометрические элементы: прямую, окружность, параболу, а затем объединять в одну линию проектного профиля.

Активизируйте слой **Проектный профиль**. Создайте параболу через меню **Построения — Парабола** методом: аппроксимирующая точка со смещением; по радиусу и точке; касательная к элементу. Во вкладке **Параметры** подберите радиус и знак параболы, уклон в точке касания. При назначении радиуса примените кратность 1 000 для вогнутых кривых и 5 000 для выпуклых кривых. При выборе параболы курсор зафиксирован на вершине.

Проектный профиль создайте через меню **Оси — Проектный профиль** по существующим элементам с последовательным выделением примитивов.

Проектирование кюветов

Назначьте стили откосов земляного полотна (рис. 26) через меню **Все проекты — Земляное полотно — Стили откосов насыпи (выемки)**. Геометрические параметры кюветов задайте по **Шаблону кюветов** в **Стилях откосов насыпи (выемки)**.

Последовательность шаблонов в списке очень важна. В системе CREDO автоматически выбирается из списка первый шаблон. После проверки всех элементов шаблона выбирается второй шаблон и т. д.

Проектирование кюветов через меню **Виды работ — Работа с профилями — Водоотвод — Линия дна кювета слева — Рассчитать**, выберите шаг 50 м и **Выполните расчет**. Аналогично запроектируйте кювет справа.

Редактирование кюветов

Линию дна кювета, представленную ломаной линией, можно редактировать аналогично редактированию проектной линии продольного профиля. Во вкладке **Проекты и слои** отключите видимость всех слоев, кроме слоя **Кювет слева (справа)**, и увеличьте редактируемый участок.

Выберите меню **Водоотвод — Редактировать линию дна кювета слева (справа) — Изменить узлы и звенья**. Курсором в режиме **Захвата линии** укажите линию дна кювета. Во вкладке **Параметры** на локальной панели инструментов нажать команду **Заменить сегмент звеном — прямой**. Курсором в режиме **Захвата точки** укажите начальную точку, затем конечную на линии дна кювета. Примените построение. Последовательно отредактируйте все кюветы.

Если уклон линии дна кювета не соответствует минимально допустимому уклону 3%, то на локальной панели инструментов выберите команду **Переместить узел или звено**. Курсором в режиме **Захвата точки** переместите точку линии дна кювета. Во вкладке **Параметры** уточните уклон более 3%.

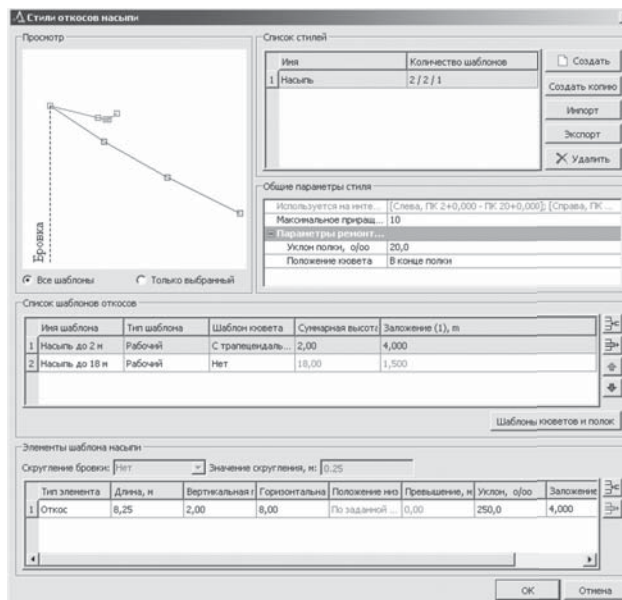


Рис. 26. Вкладка Стили откосов насыпи

Через меню **Водоотвод** — **Линия дна кювета слева (справа)** — **Актуализировать** пересоздайте линию дна кювета через локальную панель инструментов **Выполнить расчет**. Примените построение.

Укрепление кюветов

Выберите меню **Водоотвод** — **Укрепление кюветов** — **Параметры укрепления кюветов**. Во вкладке **Параметры** назначьте материал укрепления: засев трав, щебень, цементобетон или асфальтобетон в зависимости от уклона кювета. Материал укрепления выберите из **Классификатора**: Генплан и транспорт/Автомобильные дороги/Дорожная одежда.

Выберите меню **Водоотвод** — **Укрепление кюветов** — **Рассчитать укрепление кюветов слева**. На локальной панели инструментов нажать команду **Выполнить расчет**. Аналогично произведите расчет кювета справа.

Во вкладке **Проекты и слои** активизируйте слой **Сетки** — **Данные профилей** — **Кювет слева**. Используя правую кнопку мыши, в окне **Сетки кювета слева** выберите **Расстояния и уклоны**. Во вкладке **Параметры** измените: на ПК — создавать, в узлах профиля — не создавать, с шагом — 100 м. На локальной панели инструментов укажите команду **Создать элементы по параметрам**.

Аналогично создайте **Отметки дна кювета слева** и заполните сетку кювета справа.

3.9. Поперечные профили

Исходные параметры

Поперечный профиль не сохраняется, его можно только просматривать и анализировать, выбрав режим просмотра и пикет.

Работают в окне **Профиль**. Занесите исходные параметры поперечного профиля. Через меню **Виды работ** — **Дорожное полотно** во вкладке **Проекты и слои** выберите и активизируйте слой **Сетки** — **Описание поперечника** — **Исходные параметры проезжей части** — **Основная полоса слева**. На локальной панели инструментов нажмите кнопку **Редактировать в таблице** и назначьте ширину полосы движения. Примените команду **Копировать параметры поперечника** слева направо. Не забывайте при вводе цифр нажимать клавишу **Enter**. Примените построение.

Выберите и активизируйте слой **Исходные параметры обочины слева** — **Краевая полоса**. Используя правую кнопку мыши, в окне сетки **Краевая полоса**, во вкладке **Параметры** назначьте ширину укрепленной полосы обочины. Для краевой полосы материал дорожной одежды примите **Как у ближайшей**, т. е. по типу проезжей части дороги. Поперечный уклон назначьте через локальную панель инструментов **Редактировать таблицу**, выбрав тип уклона **абсолютный**. Задайте команду **Копировать параметры поперечника** слева направо.

Выберите и активизируйте последовательно слои **Исходные параметры обочины слева** — **Укрепленной части обочины**, затем **Грунтовой части обочины**. Заполните по аналогии с **Краевой полосой**. Для укрепленной части обочины задайтесь материалом укрепления — щебень толщиной 12 см, для грунтовой части обочины — засев трав толщиной 10 см.

Примените команду **Обновить параметры дорожного полотна**.

Назначение слоев дорожной одежды

Назначьте слои дорожной одежды через меню **Виды работ** — **Дорожное полотно**. Во вкладке **Проекты и слои** выберите и активизируйте слой **Дорожная одежда**. Используя правую кнопку мыши в окне **Сетки** — **Дорожная одежда**, измените во вкладке **Параметры**: толщину и материал подстилающего слоя и слоев дорожной одежды согласно заданию (рис. 27).

Просмотр поперечного профиля

Разверните окно **Поперечный профиль**. Выберите меню **Виды работ** — **Работа с поперечниками** и, перемещаясь курсором в режиме **Указание точки** по окну **Продольный профиль**, щелкните мышкой нужный пикет. Поперечный профиль можно построить на любом пикете.

Перейти в окно **Поперечный профиль** можно только из окна **Профиль**, во вкладке **Параметры** — **Перейти в вид работ** — **Профили в поперечнике** (рис. 28). Применить построение и закончить метод.

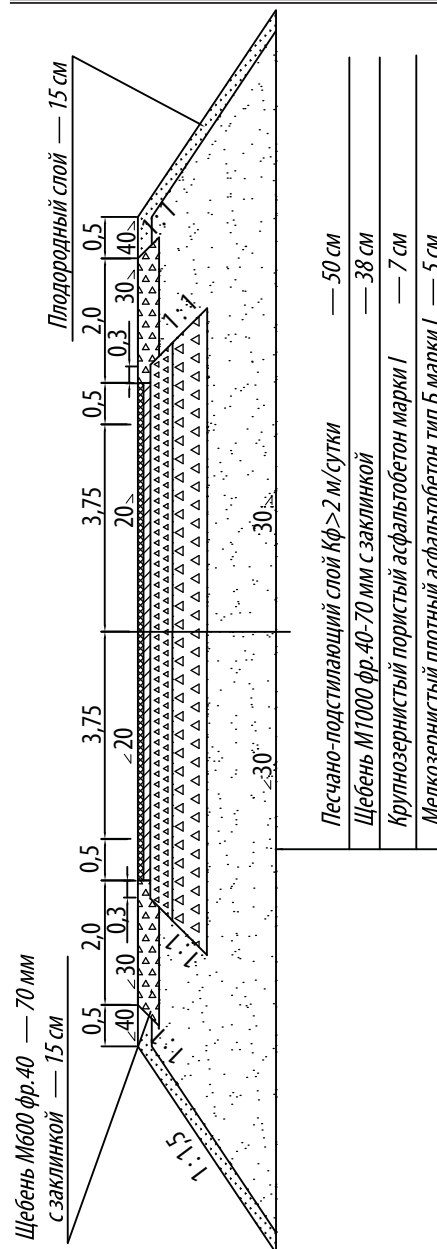


Рис. 27. Конструкция дорожной одежды

3.10. Проектирование виражей

На кривой в плане радиусом менее 3 000 м для I категории дорог и радиусом менее 2 000 м для других категорий дорог предусматривают устройство виража. На вираже верхней части земляного полотна и дорожной одежде автомобильных дорог придают односторонний поперечный уклон, направленный в сторону центра закругления.

Работают в окне **Профиль**. **График кривизны** отображается автоматически.

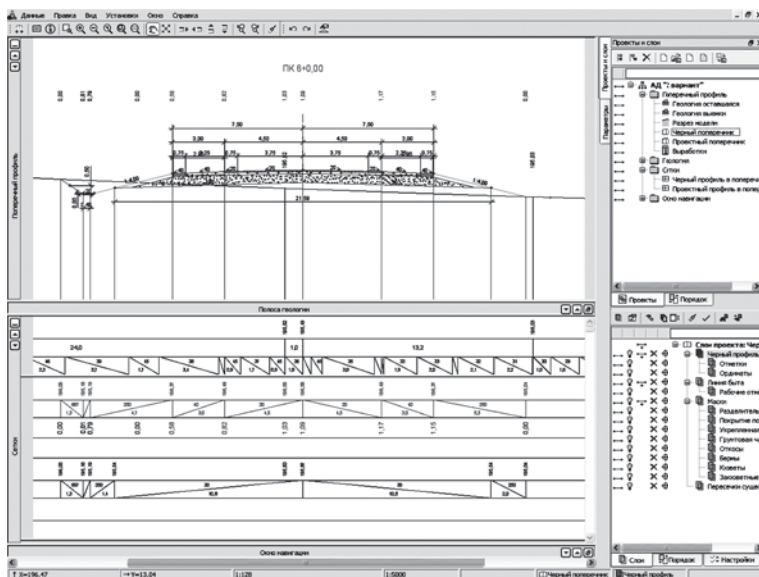


Рис. 28. Окно Поперечный профиль

До расчета виражей необходимо создать **График расчетной скорости движения**, который повлияет на величину уклона на вираже. Затем создают **График нарастания центробежного ускорения** и **График коэффициента поперечной силы**, который можно строить до и после проектирования виражей. Максимально допустимое значение центробежного ускорения — $0,8 \text{ м/с}^3$, коэффициента поперечной силы — $0,15$.

Создание графиков

Через меню **Виды работ — Виражи** во вкладке **Проекты и слои** выберите команду **Сетка виражей — График расчетной скорости движения**. На локальной панели инструментов задайте команду **Параметры интервала** и введите расчетную скорость движения.

Через меню **Сетка виражей** выберите другие графики, уточняя в настройке максимально допустимое значение. На локальной панели инструментов задайте команду **Рассчитать график**. Проанализируйте результаты расчета на соответствие нормативным требованиям.

Расчет виражей

Во вкладке **Проекты и слои** активизируйте слой **Сетки — Ви-ражи — Интервалы конструкции виража**. Используя правую кнопку мыши, в окне **Сетки — виражи** выберите **Интервалы конструкции виража**. На локальной панели инструментов нажмите команду **Параметры интервала**. Во вкладке **Параметры** назначьте в начале и конце интервала ширину полосы от оси слева и справа как сумму ширины полосы движения и краевой полосы.

На локальной панели инструментов выберите команду **Параметры проекта** и измените ширину конструктивной полосы от оси слева и справа. Поперечный уклон на вираже принимают $20\text{--}60\%$ в зависимости от радиуса кривой в плане. На локальной панели инструментов задайте команду **Рассчитать**.

Обновление параметров через меню **Сетка Виражей — Обновить параметры дорожного полотна** происходит автоматически.

3.11. Расчет объемов работ

Работают в окне **Продольный профиль**. Через меню **Виды работ — Объемы — Сетка объемов работ — Земляные работы** во вкладке **Параметры — Создать ведомость** выберите шаблон

попикетной ведомости, шаг детализации 100 м. Примените построение. В открывшемся Редакторе ведомостей сохраните файл в формате *.html и правьте в Microsoft Office Word. Аналогично создайте покилометровую ведомость планировочных и укрепительных работ, устройства песчано-подстилающего слоя и дорожной одежды (табл. 46–52).

Пример 8

Таблица 46

Попикетная ведомость объемов земляных работ

Местоположение, ПК +		Объем земляных работ, м ³											
		Насыпь			Выемка			Кюветы			Обочина		
Начало	Конец	Слева	Справа	Итого	Слева	Справа	Итого	Слева	Справа	Итого	Слева	Справа	Итого
0+00	1+00	958	1410	2368	5	6	12				54	54	107
1+00	2+00	835	1294	2129	5	7	12				54	54	107
2+00	3+00	958	1410	2368	5	6	12				54	54	107
3+00	4+00	835	1294	2129	5	7	12				54	54	107
4+00	5+00	714	1200	1915	7	7	14	14		14	54	54	107
5+00	6+00	268	654	922	74	7	81	161		161	54	54	107
6+00	7+00	204	400	604	60	8	68	158	28	186	54	54	107
7+00	8+00	657	587	1244	8	7	15	12	12	24	54	54	107
8+00	9+00	978	847	1825	6	6	12				54	54	107
9+00	10+00	813	623	1437	6	6	12				54	54	107

Таблица 47

Покилометровая ведомость объемов земляных работ

Местоположение, км	Объем земляных работ, м ³			
	Насыпь	Выемка	Кювет	Обочина
1	16 941	250	385	1 070
2	10 262	650	729	1 070
3	13 518	3 100	268	1 070
Итого	40 721	4 000	1 382	3 210

Таблица 48

Ведомость планировочных работ

Местоположение, ПК +		Площадь планировки, м ²					Обочины	
		Верх земполотна	Откосы		Кюветы			
Начало	Конец		насыпи	выемки	откосы	дно		
0+00	1+00	1978	975				600	
1+00	2+00	1978	918				600	
2+00	3+00	1978	958				600	
3+00	4+00	1978	783				600	
4+00	5+00	1978	701			123	28	600
5+00	6+00	1978	743			172	40	600
6+00	7+00	1978	876			172	40	600
7+00	8+00	1978	790			243	67	600
8+00	9+00	1978	921					600
9+00	10+00	1978	940					600
Итого		19 780	8 605			710	175	6 000

Таблица 49

Ведомость укрепления кюветов

Местоположение, ПК+		Слева			Справа			
		Начало	Конец	Материал	Толщина, м	Площадь, м ²	Материал	Толщина, м
4+90	5+00	Щебень	0,1	15				
5+00	6+00			152				
6+00	6+75			114				
6+75	7+00			38	Щебень	0,1	30	
7+00	7+09			9			12	
Итого				328				42

Таблица 50

Ведомость укрепления откосов

Местоположение, ПК +		Откосы					
		Насыпи		Выемки			
Начало	Конец	Материал	Толщина, м	Площадь, м ²	Материал	Толщина, м	Площадь, м ²
0+00	1+00	Засев трав по растительному слою	0,1	975			
1+00	2+00			918			
2+00	3+00			958			
3+00	4+00			783			
4+00	5+00			701			
5+00	6+00			743			
6+00	7+00			876			
7+00	8+00			790			
8+00	9+00			921			
9+00	10+00			940			
Итого				8 605			

Таблица 51

Ведомость работ по устройству подстилающего слоя

Местоположение, ПК	Начало	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Итого
	Конец	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Объем, м ³		893	893	893	893	893	893	893	893	893	893	8930

Таблица 52

Ведомость работ по устройству дорожной одежды

Местоположение, ПК+		Покрытие		Основание	
Начало	Конец	Площадь, м ²	Объем, м ³	Площадь, м ²	Объем, м ³
0+00	10+00	8 934,08	535,94	8 934,08	1 339,84

3.12. Дополнительные ведомости

Ведомость расстояний видимости

Работают в окне **Профиль**. Через меню **Ведомости — Расстояний видимости** выберите шаблон для оценки проектного решения. Во вкладке **Параметры** задайте шаг разбивки 100 м. Примените построение. В открывшемся **Редакторе ведомостей** сохраните файл в формате *.html и **править в Microsoft Office Word** (табл. 53).

Таблица 53

Ведомость расстояний видимости

Местоположение, ПК +	Расстояние видимости, м			
	для остановки в направлении		до встречного автомобиля в направлении	
	прямом	обратном	прямом	обратном
0+00	330,15	250,00	442,15	450,00
1+00	272,51	250,00	384,53	450,00
2+00	267,78	250,00	380,40	450,00
3+00	268,20	300,20	381,70	450,00
4+00	270,39	269,00	386,90	450,00
5+00	275,82	267,84	390,83	381,30
6+00	272,94	267,82	450,00	379,81
7+00	292,49	270,81	450,00	382,80
8+00	250,00	275,61	450,00	387,81
9+00	250,00	276,02	450,00	391,39
10+00	250,00	276,02	450,00	391,39

Ведомость пересекаемых инженерных сооружений

Работают в окне **План**. Активизируйте слой **Ситуация/Коммуникации**, создайте ведомость пересекаемых инженерных сооружений. Через меню **Ведомости — Тематических объектов, пересекающихся с линией — Для линейных объектов** выберите шаблон ведомости **Пересекаемые коммуникации**, например пересечений и примыканий автомобильных дорог, пересечений железных дорог, подземных коммуникаций.

Выберите проектируемую трассу автомобильной дороги курсором в режиме **Захвата линии**. Во вкладке **Параметры — Выбор проектов и слоев** установите флажок у слоев проекта **Ситуация, 1-й вариант** или **2-й вариант**. **Создать ведомость** через локальную панель инструментов. Примените построение. Как и при создании других ведомостей, работайте в **Редакторе ведомостей** (табл. 54).

Таблица 54

Ведомость пересекаемых инженерных сооружений

№ п/п	Местоположение, ПК +	Наименование сооружения	Угол пересечения, град	Ширина основания насыпи, м	Длина сооружения, м	Владелец
1	5 + 00	Газопровод высокого давления металлический футляр d-1220 мм	90	14,4		
2	9 + 30	Автодорога IV категории	60		100	
3	19 + 92	Автодорога IV категории	66		100	
4	26 + 20	Кабель связи	80	29,1		
5	27 + 21	Железная дорога, железобетонный путепровод Г-11,5	60		42	
6	36 + 48	р. Островица, железобетонный мост Г-11,5	71		40	

3.13. Экспорт чертежей в AutoCAD

Экспорт плана трассы

Готовый чертеж плана трассы экспортируйте из CREDO Дороги в *AutoCAD* для дальнейшей доработки и оформления. В окне **План** через меню **Чертеж** — **Создать чертеж** выберите шаблон чертежа, измените формат листа А1, ориентация листа альбомная, масштаб 1:10 000.

Вы перешли в окно **Чертеж** и работаете в нем (рис. 29).

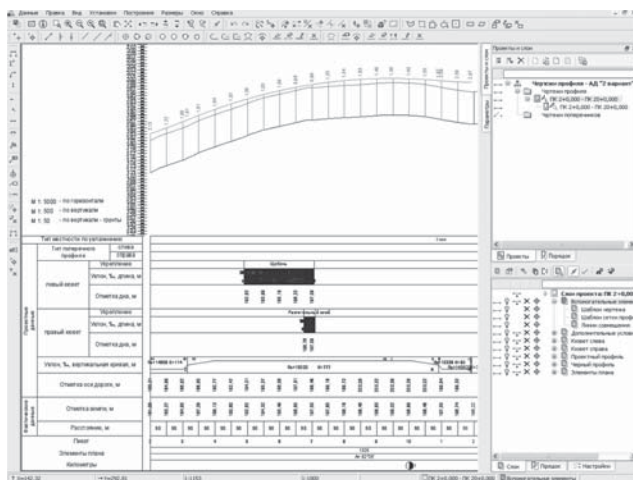


Рис. 29. Окно **Чертеж**

Чтобы переместить шаблон, выберите на локальной панели инструментов команду **Переместить шаблоны** и курсором в режиме **Указание точки** двигайте шаблон чертежа.

Выберите меню **Данные** — **Экспорт модели в DXF**. Курсором выделите план трассы с горизонталями, примените построение и сохраните на флеш-накопителе в формате *.dxf.

Чертежи автомобильной дороги оформляют в программе *AutoCAD* согласно ГОСТ Р 21.1701.

Экспорт продольного профиля

Для экспорта чертежа продольного профиля в окне **Профиль** выберите меню **Виды работ** — **Чертеж профиля**.

Через меню **Сетка чертежей профиля** — **Листы чертежа** произвести настройку параметров: создавать линейку — да. **Указать параметры интервала**. Произвести **Настройку графы сетки**: стиль чертежа профиля — дороги (строительство); шаблон сетки профиля — да, выбрать имя шаблона — форма 6.

Создать чертеж. Применить построение. Вы перешли в окно **Чертеж** (рис. 29). Выберите меню **Данные** — **Экспорт модели в DXF**. Курсором выделите продольный профиль, примените построение и сохраните на флеш-накопителе в формате *.dxf.

Экспорт поперечного профиля

Для экспорта чертежа поперечного профиля в окне **Профиль** выберите меню **Виды работ** — **Чертеж поперечников**. Через меню **Сетка чертежей поперечников** — **Листы с поперечниками** во вкладке **Параметры** использовать шаблон сетки профиля — да, выбрать имя шаблона — форма 11. **Создать чертеж. Применить построение**. Вы перешли в окно **Чертеж**. Экспортируйте чертеж в DXF аналогично продольному профилю.

4. Техничко-экономическое сравнение вариантов трассы

4.1. Система показателей для оценки проектных решений

При сравнении вариантов проектных решений в процессе проектирования автомобильных дорог и для оценки рекомендуемого к строительству варианта применяют следующие группы показателей: технические, транспортно-эксплуатационные, воздействия на окружающую среду, экономические.

Технические и транспортно-эксплуатационные показатели характеризуют степень обеспечения бесперебойного и безопасного движения с расчетной скоростью для данной категории автодороги.

Технические показатели

Для оценки проектных решений при проектировании автомобильных дорог в **плане и продольном профиле** применяют следующие технические показатели:

- протяженность трассы;
- коэффициент развития трассы;
- число углов поворота;
- среднее значение угла поворота;
- среднее значение радиусов кривых в плане;
- наименьшие радиусы кривых в плане и вертикальных кривых;
- максимальный продольный уклон;
- протяженность участков с максимальным значением уклонов;
- протяженность участков, проходящих в пределах населенных пунктов.

При проектировании **земляного полотна** рекомендуют следующие показатели:

- ширина земляного полотна;

— рабочие отметки и протяженность участков в сложных инженерно-геологических условиях (на болотах, в скальных грунтах и т. д.);

- профильные и оплачиваемые объемы земляных работ, в том числе по видам применяемых для разработки машин;
- объем оплачиваемых работ на 1 км дороги;
- объемы укрепительных работ.

Для оценки вариантов **дорожной одежды** применяют показатели:

- ширина проезжей части;
- характеристики прочности дорожной одежды;
- конструкции дорожной одежды проезжей части, укрепленных полос и обочин;
- площади проезжей части, укрепленных полос и обочин.

Водопрпускные сооружения оценивают показателями:

- количество водопрпускных труб и суммарная длина, в том числе для различных отверстий;
- количество и размеры мостов, путепроводов, тоннелей, пешеходных переходов в разных уровнях, подпорных стенок.

При проектировании **пересечений и примыканий**:

- количество пересечений с автомобильными дорогами в одном и разных уровнях;
- количество пересечений с железными дорогами в одном и разных уровнях;
- количество съездов с дороги.

Обстановка дороги оценивается по показателям:

- количество дорожных знаков, сигнальных столбиков;
- длина ограждений различного типа;
- количество автобусных остановок, площадок отдыха;
- протяженность линий связи, освещения;
- протяженность снегозащитного и декоративного озеленения.

При **подготовке территории** и организации строительства применяют следующие показатели:

- площади постоянного и временного отвода, в том числе по видам земельных угодий;
- площадь рекультивируемых земель;
- объемы работ по сносу зданий и сооружений;

- объемы работ по переустройству подземных и воздушных коммуникаций;
- сроки строительства;
- потребность в основных дорожно-строительных материалах, машинах и механизмах.

Транспортно-эксплуатационные показатели

Показатели транспортно-эксплуатационных качеств автомобильной дороги:

- объем перевозок и грузооборот;
- интенсивность и состав транспортного потока;
- пропускная способность;
- коэффициенты загрузки дороги движением;
- скорости движения одиночных автомобилей и транспортного потока;
- зрительная плавность и ясность трассы;
- протяженность участков с ограниченной видимостью;
- допускаемые нагрузки на дорожную одежду и водопропускные сооружения;
- коэффициенты безопасности и коэффициенты относительной аварийности.

Показатели воздействия на окружающую среду

Показатели, учитывающие неблагоприятное воздействие автомобильной дороги на окружающую среду, следующие:

- уровни транспортного шума и загрязнения атмосферного воздуха на участках населенных пунктов в сопоставлении с допустимыми значениями;
- площадь примыкающих к дороге земель с концентрацией соединений свинца в почве, превышающей допустимые значения;
- протяженность участков, где дорога окажет воздействие на ландшафт, животный и растительный мир, исторические и культурные памятники, особо охраняемые природные территории.

Экономические показатели

К экономическим показателям и экономической эффективности строительства автомобильной дороги относят:

- сметную стоимость строительства;
- стоимость 1 км дороги, 1 м³ земляных работ, 1 м² дорожной одежды;
- потери в экономике от дорожно-транспортных происшествий (ДТП);
- чистый дисконтированный доход;
- индекс доходности;
- внутреннюю норму доходности;
- срок окупаемости.

При обосновании проектных решений в настоящее время показатели экономической эффективности капитальных вложений используют в качестве основного критерия, определяющего экономическую целесообразность строительства дороги или ее сооружения. В их составе учитывают в стоимостной форме значительную часть показателей практически всех перечисленных выше групп, оказывающих существенное влияние на сметную стоимость строительства, автотранспортные и эксплуатационные расходы, потери народного хозяйства от ДТП.

Последствия многих видов отрицательных воздействий дороги и движущихся по ней автомобилей на окружающую среду в настоящее время не могут быть оценены количественно в стоимостной форме и, следовательно, отражены в показателях экономической эффективности. Следует учитывать, что в определенных условиях необходимость соблюдения требований защиты окружающей среды может оказать решающее влияние при выборе окончательного проектного решения.

Приведенные выше показатели относят в первую очередь к оценке проектных решений по автомобильной дороге в целом. При сравнении вариантов отдельных сооружений или элементов дороги количество учитываемых показателей может быть сокращено за счет отказа от показателей, не относящихся к решению данной задачи или одинаковых для сравниваемых вариантов.

4.2. Расчет экономических показателей по вариантам автомобильной дороги

При сравнении вариантов автомобильной дороги допускается использование укрупненных показателей стоимости конструктивных элементов дороги. Сметную стоимость автомобильной дороги (прямые затраты) рассчитывают по формуле:

$$C = C_3 + C_d + C_T + C_M,$$

где C — сметная стоимость автомобильной дороги, млн р.; C_3 — стоимость земляного полотна, млн р.; C_d — стоимость дорожной одежды, млн р.; C_T — стоимость водопропускных труб, млн р.; C_M — стоимость мостов и путепроводов, млн р.

Пример 9

Расчет сметной стоимости автомобильной дороги по вариантам сведен в табл. 55.

Таблица 55

Стоимость автомобильной дороги по вариантам

Номер варианта	Сметная стоимость, тыс. р.				
	Земляное полотно	Дорожная одежда	Трубы	Мост	Итого
1	60,177	96,255	1449,62	34 440	36046,05
2	66,113	91,116	1667,46	34 440	36264,69

Земляные работы

Расчет стоимости возведения земляного полотна выполняют по формуле:

$$C_3 = V_i \cdot C_{3i},$$

где V_i — объем оплачиваемых земляных работ по вариантам, м³; C_{3i} — стоимость 1 м³ грунта, р. (табл. 56).

Объем оплачиваемых земляных работ определяют как сумму объемов грунта для отсыпки насыпей и обочин, а также идущего в отвал почвенно-растительного и непригодно-излишнего грунта выемок.

Расчет стоимости возведения земляного полотна по вариантам приведен в таблице 57.

Таблица 56
Укрупненные показатели для расчета стоимости по видам работ

№ п/п	Наименование работ	Единица измерения	Стоимость, р.
Земляное полотно и дорожная одежда			
1	Разработка грунта экскаватором с транспортировкой автосамосвалами на 5 км	1 м ³	360
2	Планировка откосов	1 м ²	35
3	Устройство подкюветного дренажа	1 пм	2 760
4	Устройство слоя из песка толщиной 1 см	1 м ²	12
5	Устройство основания из щебня толщиной 1 см	1 м ²	26
6	Устройство покрытия из мелкозернистой плотной асфальтобетонной смеси толщиной 1 см	1 м ²	92
7	Устройство покрытия из крупнозернистой пористой асфальтобетонной смеси толщиной 1 см	1 м ²	84
8	Установка бортового камня БР100.30.15	1 пм	760
9	Установка бортового камня БР100.20.8	1 пм	640
10	Устройство покрытия из железобетонных плит	1 м ²	1 460
11	Устройство покрытия из тротуарной плитки	1 м ²	1 320
Строительство труб и мостов			
12	Трубы круглые железобетонные диаметром 1,0 м	1 пм	12 480
13	Трубы круглые железобетонные диаметром 1,5 м	1 пм	15 560
14	Трубы круглые железобетонные диаметром 2,0 м	1 пм	21 280
15	Оголовок круглой железобетонной трубы d — 1,0 м	1 шт.	62 000
16	Оголовок круглой железобетонной трубы d — 1,5 м	1 шт.	72 000
17	Оголовок круглой железобетонной трубы d — 2,0 м	1 шт.	84 000
18	Железобетонный мост на дороге II категории	1 пм	420 000
19	Железобетонный мост на дороге III категории	1 пм	325 000
20	Железобетонный мост на дороге IV категории	1 пм	280 000
Пересечения, примыкания, АЗС, автобусные остановки			
21	Пересечение типа «клеверный лист»	1	246 860 000
22	Одностороннее примыкание с трубой	1	1 378 000
23	АЗС одностороннее на 1 000 заправок	1	2 420 000
24	Автобусная остановка с автопавильоном	1	1 260 000
25	Площадка для стоянки автомобилей на 50 мест	1	1 780 000

Таблица 57

Стоимость возведения земляного полотна по вариантам

Номер варианта	Объем земляных работ, м ³				Стоимость, р.	
	Растительный грунт	Насыпь	Обочина	Оплачиваемых	1 м ³	Итого
1	16 938	144 567	5 654	167 159	360	60177240
2	17 240	161 004	5 403	183 647	360	66112920

Дорожная одежда

Расчет стоимости устройства дорожной одежды выполняют по формуле:

$$C_d = \sum_{i=1}^N S_i \cdot H_i \cdot C_{д_i},$$

где N — количество слоев дорожной одежды; S_i — площадь i -го слоя дорожной одежды по вариантам, m^2 ; H_i — толщина i -го слоя дорожной одежды, м; $C_{д_i}$ — стоимость 1 m^2 i -го слоя дорожной одежды толщиной 1 см, р. (табл. 56).

Расчет стоимости устройства дорожной одежды по вариантам приведен в таблице 58.

Таблица 58

Стоимость устройства дорожной одежды по вариантам

Толщина, см	Площадь, m^2		Стоимость, р.	Стоимость, млн р.	
	1-й вариант	2-й вариант	1 m^2	1-й вариант	2-й вариант
1-й слой из мелкозернистой плотной асфальтобетонной смеси					
5	33 770	31 968	92	15,534	14,705
2-й слой из крупнозернистой пористой асфальтобетонной смеси					
7	33 770	31 968	84	19,857	18,797
3-й слой из щебня М800 фр. 40–70 мм методом заклинки					
38	37 783	35 760	26	37,330	35,331
4-й песчано-подстилающий слой					
50	39 224	37 137	12	23,534	22,282
Итого				96,255	91,116

Водопрпускные трубы

В каждом варианте предусмотрено устройство круглых железобетонных водопрпускных труб для пропуска верховых вод через тело земляного полотна. Трубы устраивают в местах пересечения автомобильной дороги с периодически действующим водотоком (суходолом), оврагами, ручьями, с постоянно действующим водотоком при температуре воздуха в январе не

ниже — 13 °С и при отсутствии ледохода, карчехода, наледей, селевых потоков.

Проектирование водопрпускной трубы выполняют в программном комплексе CREDO с использованием программ ГРИС С и ГРИС Т.

Отверстие труб определяют из условия пропуска расчетного расхода воды, притекающего к трубе во время снеготаяния, ливней.

Длину трубы с оголовками $L_{тр}$ определяют ориентировочно по формуле:

$$L_{тр} = B_{зп} + 2 m h_n,$$

где $B_{зп}$ — ширина земляного полотна, м; m — заложение откосов насыпи, $m = 1,5$; h_n — проектная высота насыпи у трубы, м. Расчет стоимости строительства водопрпускных труб выполняют по формуле:

$$C_T = \sum_{i=1}^N (L_{т_i} \cdot C_{т_i} + 2 C_{о_i}),$$

где N — количество труб; $C_{т_i}$ — стоимость 1 пм i -й трубы соответствующего диаметра, тыс. р. (см. табл. 58); $L_{т_i}$ — длина i -й трубы по проекту, м; $C_{о_i}$ — стоимость 1-го оголовка i -й трубы соответствующего диаметра, тыс. р. (см. табл. 56).

Расчет стоимости устройства водопрпускных труб по вариантам сведен в табл. 59.

Мосты и путепроводы

Расчет стоимости строительства железобетонных мостов и путепроводов выполняют по формуле:

$$C_M = \sum_{i=1}^N L_{M_i} \cdot C_{M_i},$$

где L_{M_i} — длина i -го моста или путепровода, м; N — количество мостов и путепроводов; C_{M_i} — стоимость 1 пм i -го моста или путепровода, тыс. р. (см. табл. 56).

Таблица 59

Стоимость устройства водопропускных труб по вариантам

Местоположение, ПК +	Параметры трубы		Стоимость, тыс. р.		
	Диаметр, м	Длина, м	1 пм	1 оголовка	Итого
1-й вариант					
13 + 00	1,5	22,0	15,56	72	486,32
19 + 00	1,5	22,0	15,56	72	486,32
24 + 00	1,5	21,4	15,56	72	476,98
Итого		65,4			1449,62
2-й вариант					
13 + 00	1,5	22,0	15,56	72	486,32
24 + 00	1,5	21,4	15,56	72	476,98
28 + 00	1,5	36,0	15,56	72	704,16
Итого		79,4			1667,46

Расчет стоимости строительства мостов и путепроводов по вариантам приведен в таблице 60.

Таблица 60

Стоимость строительства мостов и путепроводов по вариантам

Номер варианта	Местоположение, ПК +	Наименование сооружения	Длина, м	Стоимость, тыс.р.	
				1 пм	Итого
1	27 + 20	Железобетонный путепровод Г-11,5	42	420	17 640
	36 + 48	Железобетонный мост Г-11,5	40	420	16 800
	Итого				34 440
2	31 + 00	Железобетонный мост Г-11,5	40	420	16 800
	32 + 85	Железобетонный путепровод Г-11,5	42	420	17 640
	Итого				34 440

4.3. Сравнение вариантов автомобильной дороги по технико-экономическим показателям

Пример 10

Технические показатели

Коэффициент развития трассы автомобильной дороги характеризует степень отклонения от прямой (воздушной) линии, соединяющей заданные пункты:

$$K_p = L/L_0,$$

$$K_p = 3,974 / 3,763 = 1,06 \text{ (1-й вариант),}$$

$$K_p = 3,843 / 3,763 = 1,02 \text{ (2-й вариант),}$$

где K_p — коэффициент развития трассы; L — длина трассы, $L = 3,974$ км (1-й вариант), $L = 3,843$ км (2-й вариант); L_0 — длина по прямой (воздушной) линии, $L_0 = 3,763$ км.

Среднее значение угла поворота определяют по формуле:

$$\beta_{cp} = \frac{N}{\sum_{i=1} \beta_i / L},$$

$$\beta_{cp} = 1,657 / 3,974 = 0,42 \text{ (1-й вариант),}$$

$$\beta_{cp} = 0,976 / 3,843 = 0,25 \text{ (2-й вариант),}$$

где β_{cp} — среднее значение угла поворота, в радианах; $\sum \beta_i$ — сумма всех углов поворота, в радианах (см. табл. 45); N — количество углов поворота.

Среднее значение радиусов кривых в плане рассчитывают по формуле:

$$R_{cp} = \frac{N}{\sum_{i=1} K_i / \sum \beta_i},$$

$$R_{cp} = (707,00 + 1\,895,48) / 1,657 = 1\,571 \text{ м (1-й вариант),}$$

$$R_{cp} = (686,69 + 1\,554,37) / 0,976 = 2\,296 \text{ м (2-й вариант),}$$

где R_{cp} — среднее значение радиусов кривых в плане, м (см. табл. 45); $\sum K_i$ — сумма длины всех кривых трассы, м; N — количество углов поворота.

Условный средний продольный уклон определяют в направлениях:

$$\text{прямом } I_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^N (l \cdot i)_i / L_{\text{пр}},$$

$$\text{обратном } I_{\text{об}} = \sum_{i=1}^N (l \cdot i)_i / L_{\text{об}},$$

где $I_{\text{пр}}$, $I_{\text{об}}$ — условный средний продольный уклон в прямом и обратном направлениях соответственно, ‰; $\sum (l \cdot i)_i$ — сумма произведений длин и уклонов участков подъёмов в прямом и обратном направлениях по продольному профилю; N — количество подъёмов; $L_{\text{пр}}$ и $L_{\text{об}}$ — общее протяжение участков с подъёмами в прямом и обратном направлениях соответственно.

1-й вариант

В прямом направлении $I_{\text{пр}} = (550 \cdot 0,038 + 200 \cdot 0,006 + 300 \cdot 0,003 + 460 \cdot 0,002 + 304 \cdot 0,028) / (550 + 200 + 300 + 460 + 304) = 0,0179 = 17,9\%$.

В обратном направлении $I_{\text{об}} = (430 \cdot 0,019 + 300 \cdot 0,023 + 250 \cdot 0,035 + 350 \cdot 0,005 + 750 \cdot 0,004) / (430 + 300 + 250 + 350 + 750) = 0,0137 = 13,7\%$.

2-й вариант

В прямом направлении $I_{\text{пр}} = (600 \cdot 0,033 + 350 \cdot 0,012 + 300 \cdot 0,001 + 145 \cdot 0,048 + 538 \cdot 0,009) / (600 + 350 + 300 + 145 + 538) = 0,0187 = 18,7\%$.

В обратном направлении $I_{\text{об}} = (880 \cdot 0,004 + 600 \cdot 0,041 + 350 \cdot 0,009) / (880 + 600 + 350) = 0,0171 = 17,1\%$.

Ниже представлены сводные технико-экономические показатели по вариантам автомобильной дороги (табл. 61).

Вывод. В результате технико-экономического сравнения выбран 1-й вариант автомобильной дороги, который оказался дешевле по стоимости, а значит, экономически выгоднее. По техническим и транспортно-эксплуатационным показателям варианты трассы различаются незначительно.

Таблица 61

Сводные технико-экономические показатели

№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	Вариант	
			1-й	2-й
1	2	3	4	5
1. Технические показатели				
1.1	Протяжение трассы	км	3,974	3,843
1.2	Коэффициент развития трассы		1,06	1,02
1.3	Число углов поворота	шт.	2	2
1.4	Среднее значение угла поворота	рад	0,42	0,25
1.5	Среднее значение радиусов кривых в плане	м	1 571	2 296
1.6	Наименьшие радиусы кривых в плане	м	1 400	1 800
1.7	Наименьшие радиусы вертикальных кривых	м	5 000	10 000
1.8	Условный средний продольный уклон: — в прямом направлении	‰	17,9	18,7
1.9	— в обратном направлении	‰	13,7	17,1
1.10	Максимальный продольный уклон	‰	40	41–48
1.11	Протяженность участков с максимальным продольным уклоном	м	126	745
1.12	Объем оплачиваемых земляных работ	тыс. м ³	167,159	183,647
1.13	Площадь покрытия дорожной одежды	тыс. м ²	33,770	31,968
1.14	Искусственные сооружения: — количество труб	шт.	3	3
1.15	— суммарная длина труб	пм	65,4	79,4
1.16	— количество мостов		2	2
1.17	— суммарная длина мостов	пм	82	82
1.18	Площадь укрепления обочин, откосов и кюветов: — засев трав	тыс. м ²	50,535	53,739
1.19	— геосинтетические материалы	То же	—	—
1.20	— щебень М600, фр. 40–70 мм	»	2,123	2,810
1.21	— монолитный бетон В20 W6 F300	»	—	—
2. Транспортно-эксплуатационные показатели				
2.1	Протяженность участков с ограниченной видимостью: — в прямом направлении	м	500	150
2.2	— в обратном направлении	То же	500	250
3. Экономические показатели				
3.1	Сметная стоимость строительства автодороги	млн р.	36,046	36,264
3.2	Стоимость строительства 1 км автодороги	То же	9,23	9,62
3.3	Стоимость возведения земляного полотна	»	0,60	0,66
3.4	Стоимость устройства дорожной одежды	»	0,96	0,91
3.5	Сметная стоимость строительства труб	»	1,45	1,67
3.6	Стоимость мостов, путепроводов	»	34,44	34,44

5. Проектирование трубы в CREDO

5.1. Алгоритм проектирования трубы

1. На карте местности очертить водосборный бассейн по водораздельным линиям с учетом плана трассы автомобильной дороги и местоположения водопропускной трубы. Определить площадь и характеристики водосбора.

2. Выполнить гидрологический расчет — определить максимальный расход ливневого стока и талых вод.

3. Выполнить гидравлический расчет — определить размер отверстия трубы по максимальному расходу талых и ливневых вод.

4. Определить размер отверстия трубы с учетом аккумуляции по максимальному расходу ливневого стока.

5. За расчетное отверстие трубы принять большее из найденных значений по максимальному расходу талых вод или ливневого стока с учетом аккумуляции.

6. Назначить несколько вариантов труб с разными отверстиями, подпором воды перед трубой, режимом и скоростью протекания воды.

7. Запроектировать укрепление русла, рассчитать площади укрепления и объемы работ.

8. Сравнить варианты труб по стоимости приведенных затрат и выбрать оптимальный с учетом возможностей поставщиков, дальностей транспортирования, влияния на окружающую среду.

9. Определить минимально допустимую высоту насыпи у трубы, длину трубы. Осуществить компоновку трубы из блоков по типовым проектам, рассчитать объемы работ на устройство трубы.

10. Разработать чертеж водопропускной трубы.

5.2. Определение площади и характеристик водосборного бассейна

Водосбором (бассейном) называют территорию, с которой притекает поверхностная вода от снеготаяния, ливней, дождей к рассматриваемому участку дороги, к водопропускному сооружению (рис. 30) с верховой стороны от дороги.

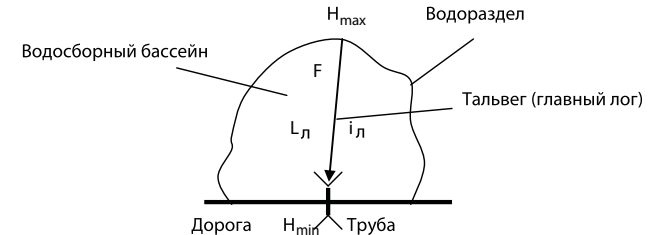


Рис. 30. План водосборного бассейна

Бассейн ограничен *водоразделом* — линией, от которой сток воды происходит в обе стороны. Линия водораздела пересекает горизонтали под прямым углом по цепи возвышенностей и холмов.

Тальвег — долинный путь, или главный лог, линия, соединяющая низшие точки рельефа местности в бассейне (дно долины).

В программе CREDO Дороги во вкладке **Проекты и слои** выберите слой **Рельеф**, где создана цифровая модель рельефа, и включите видимость через локальную панель инструментов **Фильтры видимости**: указатели стоков, значения стоков, грани треугольников.

Создайте узел на одном уровне и пустой проект, присвойте имя **Труба**. Сделайте слой активным.

На трассе дороги создайте точку на местоположении проектируемой трубы через меню **Дорога — Пикетаж и вершины углов — Создать ПК произвольной точки**. Курсором выберите трассу и покажите точку на трассе дороги. Во вкладке **Параметры** уточните пикетаж местоположения проектируемой трубы.

Для уточнения месторасположения водосборного бассейна по отношению к оси трассы — слева или справа — рекомендуется создать линейный тематический объект. Выберите меню **Ситуация — Линейный объект — С созданием элементов**.

Курсором в режиме **Указание точки** нарисуйте прямую линию перпендикулярно оси трассы через точку трубы.

Через меню **Ситуация — Работа с профилями линейного объекта** курсором в режиме **Захват линии** выделите созданную прямую линию. После команды **Применить построение** вы перешли в окно **Профиль**, где визуально определите верховую сторону от оси дороги: слева или справа месторасположение водосборного бассейна. Закройте окно **Профиль**.

В окне **План** по изогнутым линиям рельефа, указаниям бергштрихов, с помощью указателей стоков определите границу водосбора (бассейна). Создайте с верховой стороны от дороги **площадь тематического объекта** — водосборный бассейн. Выберите меню **Ситуация — Площадной объект — С созданием элементов**. Курсором в режиме **Указание точки** укажите границу водосборного бассейна, двигаясь последовательно, и замкните линию. Участок автомобильной дороги возле трубы должен быть частью водораздела.

Во вкладке **Параметры** через **Объект классификатора** выберите условия отображения бассейна и определите площадь. Аналогично создайте и определите площадь леса и болота на водосборном бассейне.

Создайте линейный тематический объект (тальвег), выбирая меню **Ситуация — Линейный объект — Слайнами по точкам (С созданием элементов)**. Курсором в режиме **Указание точки** укажите места от высшей точки бассейна к трубе на трассе, двигаясь последовательно по низшим точкам рельефа местности (по дну долины) в бассейне. Во вкладке **Параметры** определите длину главного лога.

Через меню **Ситуация — Работа с профилями линейного объекта** курсором в режиме **Захват линии** выделите линию главного лога. Во вкладке **Параметры** укажите: профили линейных объектов — отображать, горизонтальный масштаб 1:5 000, вертикальный масштаб 1:500, отношение масштабов 10, развернутый план — не создавать, горизонтали и растровая подложка — передавать.

После команды **Применить построение** вы перешли в окно **Профиль**. Через меню **Исходные профили — Черный**

профиль — Назначить укажите курсором линию земли и определите максимальную и минимальную отметки главного лога.

Средний уклон главного лога $i_{л}$ определите по формуле:

$$i_{л} = (H_{\max} - H_{\min})/L_{л},$$

где H_{\max} , H_{\min} — максимальная и минимальная отметка главного лога соответственно, м; $L_{л}$ — длина главного лога (тальвега), м.

Аналогично создайте линию для определения уклона лотка трубы. С помощью команды **По эквидистанте** можно отложить заданное расстояние. Курсором в режиме **Указание точки** укажите участок главного лога между точками, расположенными на 200 м выше и на 100 м ниже пересечения трубы с дорогой.

Аналогично создайте профиль линейного объекта и в окне **Профиль** определите отметки у трубы на расстоянии выше 200 м и ниже 100 м.

Уклон лотка трубы $i_{тр}$ вычислите по формуле:

$$i_{тр} = (H_{200} - H_{100})/300,$$

где H_{200} , H_{100} — отметки у трубы на расстоянии выше 200 м и ниже 100 м соответственно, м.

Данные по водосборному бассейну занесите в таблицу 62.

Таблица 62

Характеристики водосборного бассейна

Характеристика	Единица измерения	Местоположение трубы
		ПК 24 + 00
Площадь водосборного бассейна	км ²	1,7
Площадь леса	То же	0,2
Площадь болота	»	0,2
Длина главного лога (тальвега)	км	2,6
Средний уклон главного лога (тальвега)	‰	15
Уклон лотка трубы	То же	10
Уклон правого склона	»	40
Уклон левого склона	»	25
Вид грунта	—	Суглинок

Аналогично создайте линию и профиль для определения средних уклонов склонов лога справа и слева от трубы. Рассчитайте средний уклон склона i_1 по формуле:

$$i_1 = (H_{в} - H_{н})/L_{с},$$

где $H_{в}$, $H_{н}$ — отметка верха и низа склона лога, м; $L_{с}$ — длина склона, м.

5.3. Гидрологический расчет

Определение максимального расхода воды

Труба напряженно работает на пропуск воды несколько часов в год. На основе изучения режима дождевого и снегового стока с бассейна, чтобы установить размеры трубы, необходимо определить расчетный расход воды, притекающей к сооружению:

— мгновенный *ливневого стока* $Q_{л}$ (период стояния уровня менее суток);

— среднесуточный *талых вод* Q_T (период стояния уровня более суток).

Вероятность превышения расчетного паводка для трубы принимают равной: $p = 1\%$ для I категории дорог, $p = 2\%$ для II, III категорий дорог, $p = 3\%$ для IV, V категорий дорог.

Расход ливневых вод

Когда максимальный расход наблюдается короткое время, т. е. менее суток, расход ливневых вод определяют по формуле МАДИ/Союздорпроекта:

$$Q_{л} = 16,7 a_{расч} F \alpha \varphi = 16,7 K_t a_{час} F \alpha \varphi,$$

где $Q_{л}$ — максимальный расход ливневых вод, m^3/c ; $a_{расч}$ — расчетная интенсивность ливня, mm/min ; F — площадь водосбора, km^2 ; α — коэффициент потерь стока, зависящий от вида грунта на поверхности водосбора, $\alpha = 0,2$ для песков, $\alpha = 0,3$ для дерна, $\alpha = 0,4$ для супеси, $\alpha = 0,6$ для суглинков, $\alpha = 0,8$ для глин, $\alpha = 1$ для скальных грунтов; φ — коэффициент редукиции, учитывающий неполноту водоотдачи при больших площадях:

$$\varphi = 1 / \sqrt[4]{10 F},$$

$$a_{расч} = K_t a_{час},$$

где K_t — коэффициент перехода от интенсивности ливня часовой продолжительности к расчетной; $a_{час}$ — средняя интенсивность ливня часовой продолжительности.

Дожди интенсивностью более $0,5 mm/min$ принято относить к ливням. Способ определения расчетной интенсивности ливня основан на принципе *предельных интенсивностей*, разработанном МАДИ, и на использовании гидрометрических характеристик,

установленных Союздорпроектом. За расчетную, самую опасную продолжительность ливня t принимают время добегания воды, выпавшей в начале ливня, от наиболее удаленной точки бассейна до дороги или трубы:

$$t = L_{л} / v,$$

где v — скорость добегания воды, km/min ; $v = 0,2 i_{л}^{1/4}$ для задернованных поверхностей.

Союздорпроект разработал карту ливневого районирования России, по которой устанавливают номер ливневого района.

Объем ливневого стока определяют по формуле:

$$W_{л} = F h_{л} = 60\,000 a_{час} \alpha \varphi F / \sqrt{K_p},$$

где $W_{л}$ — объем ливневого стока, m^3 ; $h_{л}$ — толщина слоя ливневого стока, определяемая по формуле:

$$h_{л} = K_t a_{час} \alpha \varphi t = K_t a_{час} \alpha \varphi L_{л} / v.$$

Пример 11

Ниже приведены расчеты в программе CREDO ГРИС С для определения стока дождевых вод по формуле МАДИ/Союздорпроекта (табл. 63–65).

Таблица 63

Исходные данные для расчета расхода дождевых вод

Ливневой район №	6
Водосбор сооружения на ПК+	24 + 00
Площадь водосбора, km^2	1,7
Длина водосбора, km	2,6
Уклон водосбора, %	15
Форма бассейна	Двускатный с руслами
Поверхность бассейна/почвы	Суглинки

Таблица 64

Промежуточные расчеты

Вероятность превышения, %	Интенсивность ливня, mm/min	Коэффициент			
		K_t	редукции	склонового стока	формы бассейна
2	0,89	1,27	0,49	0,57	0,77

Таблица 65

Результаты расчета расхода ливневых вод

Вероятность превышения, %	Расход стока, m^3/c	Объем стока, $тыс. m^3$	Слой стока, mm
1	8,17	25,59	15
2	7,20	22,55	13
3	6,55	20,52	12

Расход талых вод

На водосборах площадью менее 20 тыс. км², когда максимальный расход наблюдается длительное время, т. е. более суток, расход талых вод определяют по формуле СП 33-101:

$$Q_T = k h_T K_p F \delta_1 \delta_2 \delta_3 / (F + 1)^n,$$

где Q_T — максимальный расход талых вод, м³/с; k — параметр дружности половодья, $k = 0,01$ для лесных районов, $k = 0,02$ для лесостепи, $k = 0,03$ для степей, $k = 0,06$ для пустыни, $k = 0,001–0,004$ для рек; h_T — средняя толщина слоя стока талых вод, мм; K_p — коэффициент перехода к расчетной толщине слоя стока с вероятностью p в зависимости от коэффициента вариации C_v ; δ_1 , δ_2 , δ_3 — коэффициенты, учитывающие потери стока при наличии леса или заболоченности на поверхности водосборного бассейна, совместное влияние болот и лесов; n — показатель степени, принимаемый равным 0,17 для Сибири и северных регионов, 0,25 для средней полосы России, 0,35 для южных районов, 0,15 для гор.

Отношение C_s к C_v принимают для средней полосы России — $2C_v$, для Сибири и северных регионов — $3C_v$, для гор — $4C_v$.

$$\delta_1 = 1 - \kappa_1 \lg(1 + F_{л}/F),$$

$$\delta_2 = 1 - \kappa_2 \lg(1 + 0,1 F_6/F),$$

$$\delta_3 = 1 - 0,61 \lg(1 + 0,1 F_6/F + 0,05 F_{л}/F),$$

где $F_{л}$, F_6 — площадь лесов и болот на поверхности водосборного бассейна соответственно; κ_1 , κ_2 — коэффициенты, $\kappa_1 = 0,2–0,3$ для южной зоны, $\kappa_1 = 0,4–0,5$ для средней полосы России; $\kappa_1 = 0,7$ для Сибири; $\kappa_2 = 0,6$ для верховых болот, $\kappa_2 = 0,7–0,9$ для низовых болот.

Ниже приведен расчет в программе CREDO ГРИС С для стока талых вод по формуле СП 33-101-2003 (табл. 66, 67).

Пример 12

Таблица 66

Исходные данные для расчета расхода талых вод

Местоположение бассейна	24 + 00
Природная зона	Лесостепная
Тип водотока	Равнинный
Площадь бассейна, км ²	1,7

Окончание табл. 66

Уклон лога или водотока, %	15
Параметр дружности половодья	0,02
Средний слой весеннего стока, мм	100,0
Коэффициент к слою стока с карты	0,63
Коэффициент вариации C_v	0,5
Поправочный коэффициент к коэффициенту вариации C_v	1,25
Отношение C_s к C_v	$C_s = 2 C_v$
Площадь снижения редукции, км ²	2,0
Показатель степени редукции	0,25
Площадь леса, км ²	0,2
Расположение леса на бассейне	Равномерное
Тип почвогрунтов под лесом	3
Зональная лесистость	22,0
Залесенность бассейна, %	11,76
Коэффициент снижения расхода δ_1	0,72
Площадь болот, км ²	0,2
Тип болот	4
Заболоченность бассейна, %	11,76
Коэффициент снижения расхода δ_2	0,9

Таблица 67

Результаты расчета расхода талых вод

Вероятность превышения, %	Расход стока, м ³ /с	Слой стока, мм	Объем стока, тыс.м ³
1	2,99	188	320,23
2	2,55	164	278,73
3	2,36	155	263,20

5.4. Гидравлический расчет

Расчет пропускной способности трубы

Участок водотока до сооружения называется верхним бьефом, за сооружением — нижним. Энергия потока воды в верхнем бьефе больше, чем в нижнем. Сопряжение бьефов — это явление перехода из верхнего бьефа в нижний, сопровождающееся, как правило, гидравлическим прыжком. Режимы протекания воды в трубах зависят от напора воды перед трубой и типа оголовка трубы на входе.

Различают следующие режимы протекания воды в трубах:

1. *Безнапорный* при оголовках с нормальным звеном. Труба работает как водослив с широким порогом. Напор воды на входе меньше высоты (диаметра) трубы d_T или превышает менее чем на 30%. На всем протяжении трубы уровень воды не превышает 0,75–0,8 d_T . Поток воды имеет свободную поверхность соприкосновения с воздухом на всем протяжении сооружения. На входе в трубу в сжатом сечении возникает гидравлический прыжок. Безнапорный режим — самый благоприятный, так как не дает размыва грунта русла на выходе. При проектировании трубы следует отдавать предпочтение данному режиму протекания воды в трубе.

Используя уравнение равномерного течения жидкости, можно рассчитать пропускную способность трубы для *безнапорного режима* протекания воды в трубах:

$$Q_c = w_c v_c = w_c \varphi_1 \sqrt{2g(H - h_c)} = 0,85 w_c \sqrt{gH},$$

$$\Delta h = \varphi v^2 / 2g;$$

$$v_c = \varphi_1 \sqrt{2g(H - h_c)},$$

$$H = h_c + 0,69 v_c^2 / g = 1,42 v_c^2 / g \approx 2 h_c,$$

$$h_c = 0,73 v_c^2 / g = (0,5 - 0,6) H,$$

где Q_c — расход воды, проходящей через трубу в сжатом сечении, м³/с; w_c — площадь живого сечения в трубе, м²; h_c — глубина в сжатом сечении, м; v_c — скорость воды в сжатом сечении, м/с; φ — коэффициент скорости (сопротивления), $\varphi_1 = 0,85$ для оголовка с нормальным звеном, $\varphi_2 = 0,95$ для оголовка с коническим звеном; H — глубина подпора воды перед трубой, м; Δh — перепад высот, м.

2. *Полунапорный* при оголовках с нормальным звеном. Аналог — течение из-под щита. На входе труба затоплена и работает полным сечением. Напор воды перед трубой превышает высоту (диаметр) трубы более чем на 30%. Из-за прорыва воздуха через воронку на входе поток воды имеет свободную поверхность соприкосновения с воздухом на всем протяжении трубы. Явление исчезновения и появления воронки повторяется. Труба работает неустойчиво в напорном или безнапорном режиме. Полунапорный режим протекания воды в трубе применяют как исключение

при условии принятия конструктивных мер по обеспечению устойчивости труб, земляного полотна против фильтрации воды.

Пропускную способность трубы для *полунапорного режима* протекания воды в трубах рассчитывают по формуле:

$$Q_c = w_c v_c = w_c \varphi_1 \sqrt{2g(H - h_c)} = 0,5 w_{\text{вх}} \sqrt{2g(H - 0,6 d_{\text{вх}})},$$

$$h_c = 0,6 d_{\text{вх}}, w_c = 0,6 w_{\text{вх}},$$

где $d_{\text{вх}}$, $w_{\text{вх}}$ — высота (диаметр) и площадь полного сечения на входе в трубу соответственно.

3. *Напорный* при оголовках с коническим звеном обтекаемой формы. Аналог — течение воды в трубопроводе. На входе и на всем протяжении труба работает полным сечением. Напор воды перед трубой превышает высоту (диаметр) трубы более чем на 40%, и поток воды не имеет свободной поверхности соприкосновения с воздухом. У выхода из трубы поток воды может иметь свободную поверхность. Напорный режим может возникать периодически и при оголовках с нормальным звеном. Рекомендуется применять напорные трубы при пересечении глубоких логов с крутыми склонами и высокими насыпями.

Пропускную способность трубы для *напорного режима* протекания воды в трубах рассчитывают по формуле:

$$Q_c = w_T v_T = w_T \varphi_2 \sqrt{2g(H - d_T)} = 0,95 w_T \sqrt{2g(H - d_T)},$$

где d_T , w_T — высота (диаметр) и площадь сечения внутри трубы соответственно.

Коэффициент шероховатости русла и пойм принимают по таблице 68.

Таблица 68

Коэффициент шероховатости русла и пойм

Вид укрепления	Коэффициент шероховатости
Засев травой, одерновка	0,025
Мощение	0,020
Бетонные плиты	0,017
Неукрепленный грунт	0,030–0,050

Ниже приведен расчет в программе CREDO ГРИС Т пропускной способности трубы для талых вод (табл. 69–71).

Пример 13

Таблица 69

Исходные данные к расчету диаметра трубы для талых вод

Расположение сооружения, ПК +	24 + 00 TSP
Труба	Проектируемая
Вид стока	Талый
Расчетный расход Q , м ³ /с	2,55
Объем стока W , тыс.м ³	278,728
Средний уклон левого склона, ‰	40
Средний уклон правого склона, ‰	25
Средневзвешенный уклон лога, ‰	15
Коэффициент шероховатости русла	0,05
Угол пересечения трубы с трассой, град	90
Бытовая глубина, м	0,37
Бытовая скорость, м/с	0,56

Таблица 70

Характеристика трубы для талых вод

Тип оголовка трубы	Раструбный
Количество очков трубы	1
Диаметр очка трубы, м	1,25
Ширина земполотна, м	15
Уклон трубы, ‰	10
Коэффициент шероховатости лотка трубы	0,014

Таблица 71

Результаты расчета диаметра трубы для талых вод

Режим безнапорный	
Подпор воды перед трубой, м	1,47
Глубина воды на выходе, м	0,58
Скорость воды на выходе, м/с	4,6
Минимально допустимая высота земполотна, м	1,97

Расчет размера отверстия трубы с учетом аккумуляции воды

Расчет пропускной способности трубы с учетом аккумуляции ведут только для ливневых вод.

Трубы почти всегда сильно стесняют поток воды и изменяют его бытовой режим. При пологих и равнинных условиях местности перед сооружением из-за подпора воды затапливаются значительные площади. В пруду (временном водоеме) накапливается большая часть паводковых вод, которая должна быть

учтена при гидрологическом расчете. При определении размера отверстия сооружения в этом случае должен быть произведен учет аккумуляции, который приводит к снижению расчетного расхода, а значит, и уменьшению размера необходимого отверстия трубы в связи с накоплением воды перед сооружением.

Расчет без учета аккумуляции пропускной способности трубы ведут:

— если *крутой лог* (в горах), то осуществляется мгновенный пропуск воды через сооружение. Вода создает такой подпор на входе перед сооружением, что объем воды, накопившийся перед сооружением, по сравнению с объемом всего паводка оказывается незначительным и практически не влияет на работу сооружения;

— если паводковые воды — от *таяния снега*, так как сток воды всегда растянут во времени и не создает подпора перед сооружением.

Расход ливневых вод с учетом аккумуляции определяют по формуле:

$$Q_c = Q_l (1 - W_{пр}/W_l) = Q_l (1 - \kappa H^3 / W_l) = \lambda Q_l,$$

где $W_{пр}/W_l$ — степень изменения паводка, показатель регулирующей способности лога; λ — коэффициент аккумуляции (снижения расчетного расхода воды), учитывающий рельеф местности, отверстие сооружения. По СП 35.13330 уменьшение расхода воды не допускается более чем в 3 раза, т. е. $0,33 \leq \lambda < 1$.

Ниже приведен расчет в программе CREDO ГРИС Т пропускной способности трубы для ливневых вод с учетом аккумуляции (табл. 72–74).

Пример 14

Таблица 72

Исходные данные к расчету диаметра трубы для ливневых вод

Расположение сооружения, ПК +	24 + 00 MADI
Труба	Проектируемая
Вид стока	Ливневой
Расчетный расход Q , м ³ /с	7,2
Объем стока W , тыс.м ³	22,546

Окончание табл. 72

Средний уклон левого склона, ‰	40
Средний уклон правого склона, ‰	25
Средневзвешенный уклон лога, ‰	15
Коэффициент шероховатости русла	0,05
Допустимая глубина пруда, м	1,8
Угол пересечения трубы с трассой, град	90
Бытовая глубина, м	0,54
Бытовая скорость, м/с	0,77

Таблица 73

Характеристика трубы для ливневых вод

Тип оголовка трубы	Раструбный
Количество очков трубы	2
Диаметр очка трубы, м	1,5
Ширина земполотна, м	15
Уклон трубы, ‰	10
Коэффициент шероховатости лотка трубы	0,014

Таблица 74

Результаты расчета диаметра трубы для ливневых вод

Коэффициент аккумуляции	0,85
Расход воды в сооружении, м ³ /с	3,06
Режим безнапорный	
Подпор воды перед трубой, м	1,49
Глубина воды на выходе, м	0,58
Скорость воды на выходе, м/с	4,85
Минимально допустимая высота земполотна, м	2,3

5.5. Варианты труб для технико-экономического обоснования

На основании расчета пропускной способности труб для ливневых и талых вод предложены варианты круглых труб с разными отверстиями (диаметрами), подпором воды перед трубой, режимом и скоростью протекания воды (табл. 75).

Таблица 75

Варианты круглых труб с гидравлическими характеристиками

№ п/п	Сток воды	Режим протекания воды	Оголовок с входным звеном	Диаметр трубы, м	Расход воды, м ³ /с	Коэффициент аккумуляции	Подпор воды, м	Скорость воды, м/с
1	Талой	Безнапорный	нормальным	1,5	2,88	–	1,55	3,26
2		Безнапорный		2,0	2,88	–	0,6	2,06
3	Ливневой	Напорный	коническим	2,0	16,71	–	3,6	5,32
4		Полунапорный	нормальным	2 × 2,0	2 × 8,39 = 16,78	–	2,6	4,45
5	Ливневой с аккумуляцией (CREDO)	Безнапорный	нормальным	2 × 1,5	2 × 3,06 = 6,12	–	1,49	4,85
6								
7	Ливневой с аккумуляцией	Напорный	коническим	1,5	7,9	0,48	2,71	4,52
8		Полунапорный	нормальным	2,0	8,5	0,51	2,62	4,45

Трубы $d = 0,75$ м не применяют на дорогах 1-й, 2-й технических категорий, т. е. длиной менее 15 м. Трубы $d = 1,0$ м не применяют на дорогах 1-й технической категории, т. е. длиной менее 20 м, так как при большой длине и малом диаметре трубы затруднены работы по ремонту и содержанию.

Вывод: расчетное отверстие трубы принимают по наибольшему расходу воды: талых вод или ливневого стока с учетом аккумуляции.

5.6. Укрепление русел труб

В зависимости от глубины потока в отводящем русле возможны 3 схемы истечения, или сопряжения, бурного потока, вытекающего из сооружения, со спокойным (бытовым) потоком в русле:

1) свободного растекания — под действием силы тяжести поток растекается в стороны. Это наиболее часто встречающийся тип сопряжения;

2) сбойного течения (с гидравлическим прыжком и без него) — поток не затоплен и движется вначале без растекания в стороны, по бокам образуются водоворотные зоны, сжимающие его. Уменьшение скорости течения происходит очень медленно на значительном протяжении. Это наиболее неблагоприятные условия для размыва русла;

3) затопления — растекания струи в массе воды с уменьшением скорости течения.

Для предотвращения возникновения опасного сбойного течения отводящее русло в плане устраивают в виде раструба, т. е. применяют на выходе оголовков с откосными стенками, что приводит к свободному растеканию струи воды на выходе из трубы.

Для обеспечения долговечности сооружения и предотвращения размыва за трубой предусматривают укрепление выходного русла. Защита от размыва заключается в правильном выборе типа и размера укрепления, чтобы скорость бурного потока на выходе из трубы была не более допустимой скорости для соответствующего типа укрепления.

Укрепление русла у трубы назначают из условия *безопасного размыва*, т. е. устраивают короткое укрепление, которое заканчивается предохранительным откосом, где и располагается яма размыва, заполненная щебнем, чтобы исключить подмыв концевой части. Гидравлический прыжок обычно размещается в конце укрепления, т. е. над размывом. Благодаря значительной глубине заложения предохранительного откоса размыв оказывается безопасным для укрепления, отодвинутым от откоса насыпи и трубы.

Длину укрепления рассчитывают по формуле:

$$L_{\text{укр}} \leq (3-4) d,$$

где d — ширина потока на выходе, т. е. размер отверстия (диаметр) трубы.

Ширину укрепления принимают:

$$b_{\text{укр}} \approx L_{\text{укр}} + d.$$

Глубину заложения предохранительного откоса (рисбермы) h_n определяют по формуле:

$$h_n = \alpha H + 0,5,$$

где αH — глубина размыва; H — подпор воды перед трубой; α — коэффициент, принимаемый по таблице 76.

Таблица 76

Коэффициент α

$L_{\text{укр}} \text{ tg } \beta / d$	0	1	2	3	4	5	8	10
α	1,55	0,98	0,78	0,65	0,59	0,54	0,45	0,40

Материал для укрепления русла

Скорость потока воды на выходе из трубы достигает 5–6 м/с, а допускаемая скорость для грунтов без размыва составляют 1 м/с. Скорость потока воды на выходе из трубы $v_{\text{вых}}$ увеличивается в 1,5 раза по сравнению со скоростью потока в трубе $v_{\text{тр}}$:

$$v_{\text{вых}} = 1,5 v_{\text{тр}}.$$

Наибольшая скорость течения наблюдается в отводящем русле ниже сооружения вследствие растекания потока и уменьшения глубины. Ширина потока на выходе за трубой больше ширины отверстия трубы. Вытекающий поток находится в бурном состоянии, обладает большой кинетической энергией и размывает русло за сооружением.

Материал для укрепления русла выбирают в зависимости от скорости потока воды на выходе из трубы, так как при превышении неразмывающей скорости $v_{\text{вых}} > v$ происходит движение несвязных частиц или отрыв кусочков связного материала.

Ориентировочно назначают неразмывающую скорость потока воды на выходе из трубы для песка $v \approx 0,2-0,3$ м/с; для связных грунтов и укрепления засевом трав $v \approx 1-1,5$ м/с; для щебня М600 фр. 20–40 мм $v \approx 2-4$ м/с; для сборного, монолитного бетона $v \approx 5-9$ м/с.

5.7. Минимальная высота насыпи над трубой

При безнапорном режиме протекания воды в трубах минимальную высоту насыпи над трубой определяют по формуле:

$$h_{\min} = d_{\text{т}} + \delta_{\text{т}} + h_{\text{п}} + h_{\text{до}},$$

где h_{\min} — руководящая рабочая отметка насыпи над трубой; $d_{\text{т}}$ — высота (диаметр) трубы; $\delta_{\text{т}}$ — толщина стенки трубы; $h_{\text{п}}$ — засыпка песком, грунтом, $h_{\text{п}} = 0,5$ м; $h_{\text{до}}$ — толщина дорожной одежды, $h_{\text{до}} = 0,4\text{--}0,6$ м.

При полунапорном и напорном режимах протекания воды в трубах минимальную высоту насыпи над трубой определяют по формуле:

$$h_{\min} = H + 1,$$

где H — отметка уровня высоких вод (УВВ) или подпор воды перед трубой.

6. Чертеж водопропускной трубы в CREDO

Выполните чертеж водопропускной трубы в программе CREDO в трех плоскостях (рис. 31).

1. Фасад — разрез по оси трубы. Ось X — продольная ось трубы в разрезе и соответствует длине трубы; ось Z перпендикулярна оси X и соответствует высотным отметкам (H).

2. План — вид сверху. Ось X — продольная ось трубы; ось Y — поперечный разрез трубы, перпендикулярна оси X .

3. Вид со стороны оголовка и поперечный разрез трубы. Ось Y — поперечная ось трубы; ось Z перпендикулярна оси Y .

За начало координат осей X и Y берут пересечение оси трубы с осью автомобильной дороги. Координаты в программе CREDO вводят со знаком «-», если проектируемый блок размещают влево от оси трассы и оси трубы.

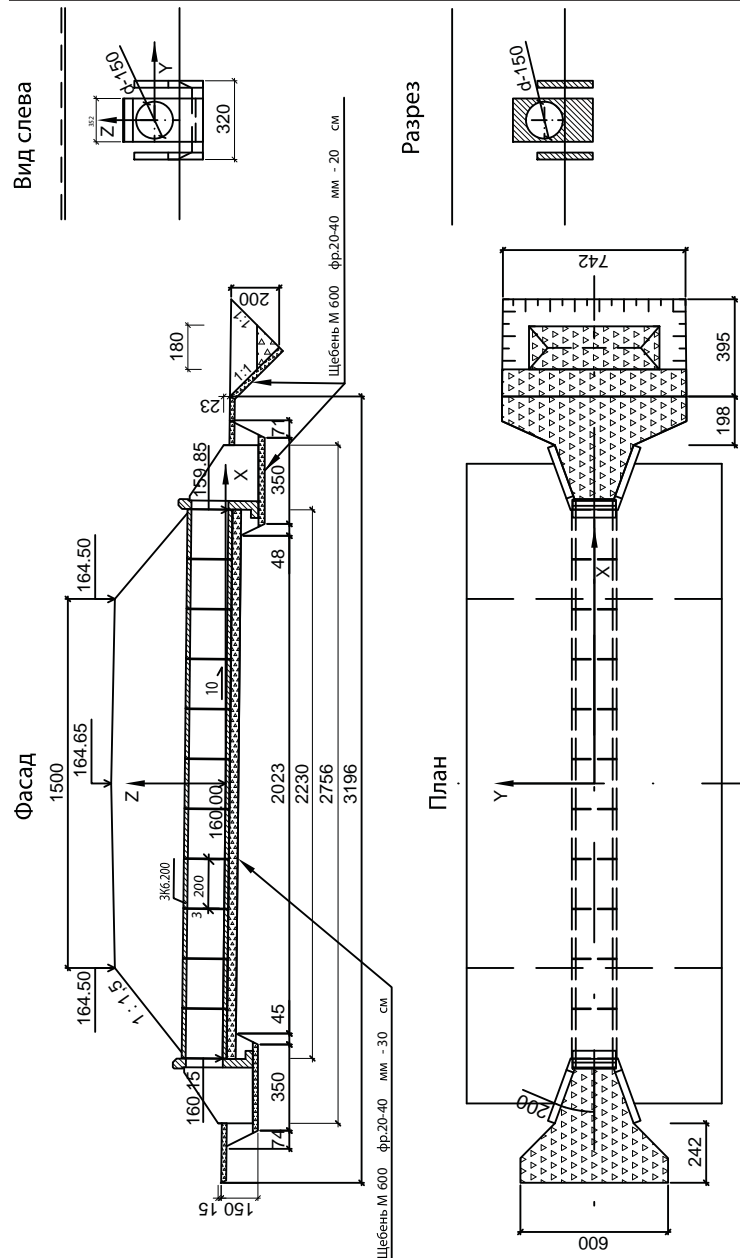


Рис. 31. Чертеж водопропускной трубы

6.1. Подготовка к работе

Рассчитайте параметры поперечного профиля земляного полотна (рис. 32).

Проектную отметку бровки земляного полотна $H_{бр}$ берут с продольного профиля автомобильной дороги или вычисляют:

$$H_{бр} = H_3 + h_n,$$

где H_3 — фактическая отметка земли по оси трассы, м; h_n — высота насыпи.

Проектную отметку покрытия по оси трассы $H_{п}$ рассчитайте с учетом поперечного уклона покрытия по формуле:

$$H_{п} = H_{бр} + i_{п} \cdot B_{зп}/2,$$

где $i_{п}$ — поперечный уклон покрытия, $i_{п} = 0,02$; $B_{зп}$ — проектная ширина земляного полотна, м.

Параметры поперечного профиля автодороги берут из СП 34.13330. Отметку низа откоса H_0 рассчитывают с учетом проектного заложения откоса:

$$B_0 = B_{зп}/2 + m \cdot h_n,$$

$$\text{у входного оголовка } H_0 = H_3 + B_0 \cdot i_{тр},$$

$$\text{у выходного оголовка } H_0 = H_3 - B_0 \cdot i_{тр},$$

где B_0 — ширина земляного полотна по основанию насыпи; m — заложение откосов, $m = 1,5$; $i_{тр}$ — уклон лотка трубы.

6.2. Подключение базы данных

После запуска программы CREDO ТРУБЫ через меню **Сервис — Настройка — Пути** укажите путь к графическому редактору *AutoCAD*; найти диск *C* /папка **Program Files/AutoCAD/acad.exe**.

Укажите путь к базе данных: найти диск *C* /папка **Program Files/CREDO/Трубы/baza.mdb**. Подключите базу данных, установив флажок (рис. 33).

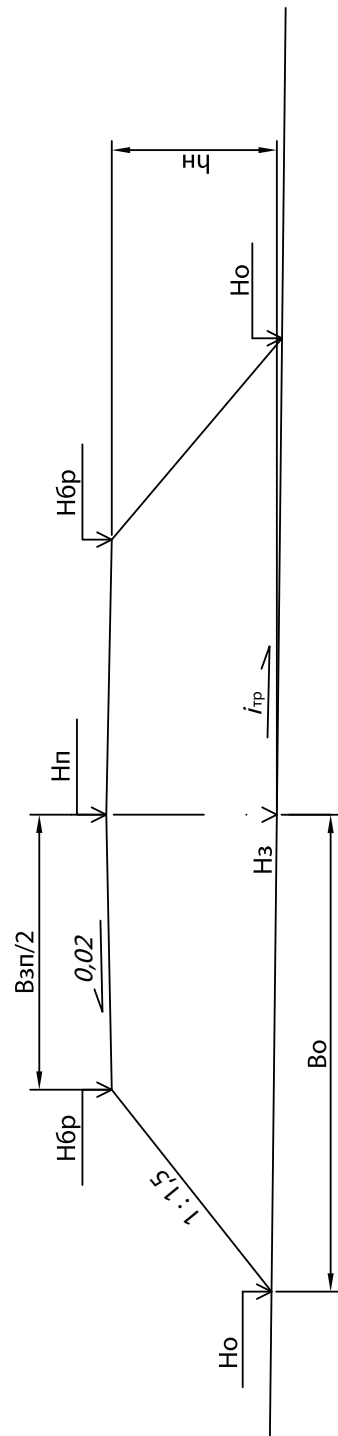


Рис. 32. Поперечный профиль земляного полотна

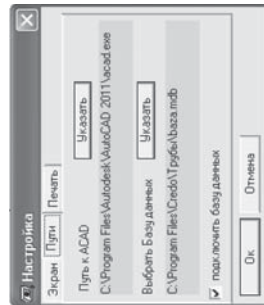


Рис. 33

Выполните чертеж водопропускной трубы в CREDO ТРУБЫ через **Типовой проект**.

База данных содержит типовые проекты труб: 3.501.1–144 — круглые на плоском опирании; 3.501.3–183 — круглые металлические гофрированные трубы; 3.503.1–112 — круглые длинномерные раструбные трубы. Ниже приведены элементы трубы с маркировкой по типовым проектам (табл. 77, 78).

Таблица 77

Типовые проекты труб

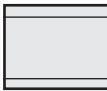

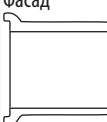
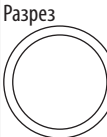
Типовой проект круглой трубы	Номер проекта	Чертеж	Марка	Внутренний диаметр, м	Толщина стенки, м	Внешний диаметр, м
На плоском опирании	3.501.1–144	Фаса 	ЗКП1	1,0	0,10	1,20
			ЗКП2	1,0	0,12	1,24
			ЗКП3	1,25	0,13	1,50
			ЗКП4	1,25	0,14	1,53
			ЗКП5	1,5	0,14	1,78
		Разрез 	ЗКП6	1,5	0,16	1,82
			ЗКП7	1,5	0,22	1,94
			ЗКП8	2,0	0,16	2,32
			ЗКП9	2,0	0,20	2,40
			ЗКП10	2,0	0,24	2,48
Раструбные	3.503.1–112	Фасад 	ЗД15	2,0	0,2	2,20
		Разрез 				

Таблица 78

Маркировка элементов трубы

Элемент	Диаметр, м	Толщина стенки, мм	Марка	Длина, м	Типовой проект
Звено средней части	0,50	8	ЗК1.100	1,0	Звенья железобетонные круглые (Отраслевой стандарт)
	0,75	8	ЗК2.100	1,0	
	0,75	8	ЗК2.300	3,0	
	1,00	10	ЗК3.200	2,0	
	1,00	10	ЗК3.300	3,0	
	1,25	12	ЗК5.200	2,0	
	1,25	12	ЗК5.300	3,0	
	1,50	14	ЗК8.200	2,0	
	1,50	14	ЗК8.300	3,0	
	2,00	20	ЗК11.200	2,0	
2,00	20	ЗК11.300	3,0		
Коническое звено на входе	1,00		ЗК14.132	1,32	
	1,25		ЗК15.132	1,32	
	1,50		ЗК16.132	1,32	
	2,00		ЗК17.132	1,32	
Откосная стенка	1,00		СТ4 л (п)	1,85	Трубы круглые железобетонные сборные (Выпуск 1)
	1,25		СТ5 л (п)	2,20	
	1,50		СТ6 л (п)	2,70	
	2,00		СТ7 л (п)	3,22	
Портальная стенка	0,50		СТ8	1,50	
	0,75		СТ9	2,26	
	1,00		СТ10	1,22	
	1,25		СТ11	1,42	
	1,50		СТ12	1,76	
	2,00		СТ13	2,10	
Лекальный блок			БФ15.3	1,95	Трубы круглые из длинномерных звеньев
			БФ15.4	2,10	
			БФ15.5	1,50	

Примечание: л (п) — левая и правая откосные стенки по ходу пикетажа соответственно.

6.3. Исходные данные

Выбрать в меню **Объект** — **Новый** — **Типовой проект**. Если объект был создан ранее, выбираем команду **Объект** — **Открыть** сохраненный файл (*.tub).

Через меню **Типовой проект** заполнить карточку объекта (рис. 34).

Рис. 34. Карточка объекта

Строительный подъем назначают в зависимости от основания и грунтов:

$f = 1/80$ — лекальные блоки, песок;

$f = 1/50$ — лекальные блоки, суглинок;

$f = 1/40$ — щебеночно-песчаная смесь.

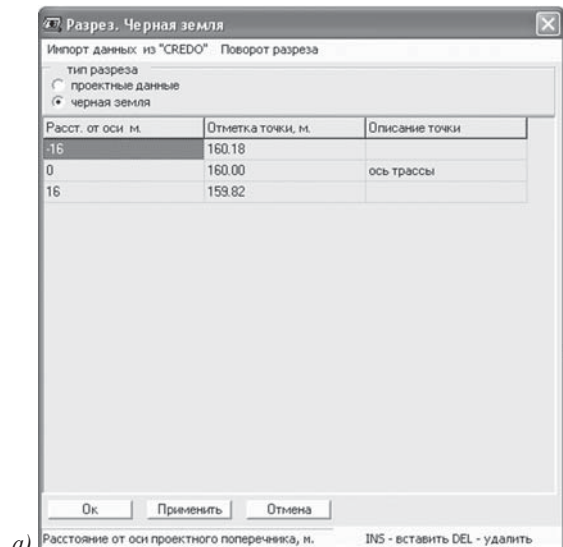
Ввести данные по разрезу поперечного профиля (рис. 35). Вводим данные по черному профилю земли и проектные отметки насыпи последовательно слева направо. Расстояние слева от оси трассы заносим со знаком «-». В описании точки для черного поперечника указать только «ось трассы»; для проектного поперечника указывают «низ откоса», «бровка», «ось». По черному профилю земли расстояние от оси дороги принять с запасом у входного оголовка 5 м от низа откоса и 10 м — у выходного оголовка.

Данные типового проекта (рис. 36) корректируем согласно заданию: толщину стенки звена трубы, тип оголовка, тип фундамента. Фундамент под трубу на щебеночной подготовке толщиной $h = 0,1$ м может быть трех типов:

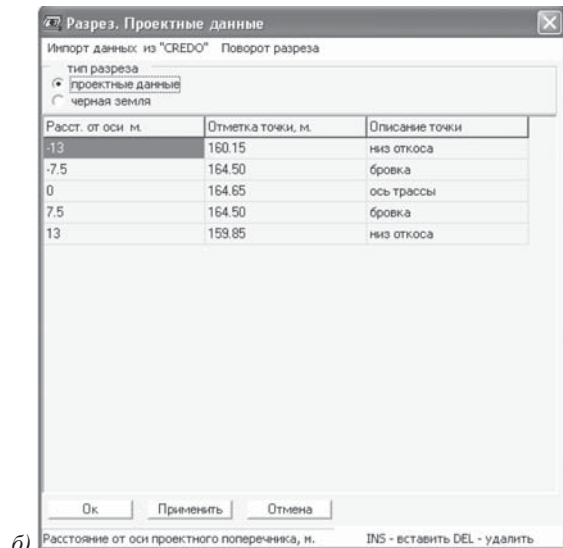
тип 1-й — лекальный блок (сборный железобетон) толщиной $h = 0,2-0,3$ м;

тип 2-й — сборная железобетонная плита толщиной $h = 0,2$ м;

тип 3-й — монолитный бетон толщиной $h = 0,3$ м.



а) Расстояние от оси проектного поперечника, м. INS - вставить DEL - удалить



б) Расстояние от оси проектного поперечника, м. INS - вставить DEL - удалить

Рис. 35. Данные для поперечного профиля автодороги:
а — черная земля; б — проектные данные

Бесфундаментное основание под трубу состоит из щебеночно-гравийно-песчаной смеси толщиной $h = 0,2-0,3$ м.

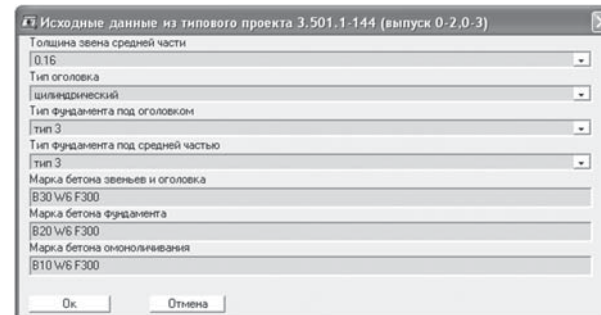


Рис. 36. Данные типового проекта

6.4. Конструирование трубы

Определяем проектное положение трубы. Вводим уклон лотка трубы (рис. 37). Если входное отверстие расположено слева, то уклон трубы вводим со знаком «←».

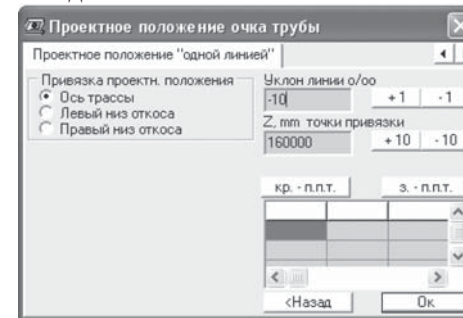


Рис. 37

Контролируем предложенную схему средней части трубы, которую можно редактировать с учетом данных из типового проекта (см. табл. 78, 79), например 11*2.

После принятия схемы трубы программа CREDO автоматически собирает звенья средней части трубы и выдает чертеж (рис. 38).

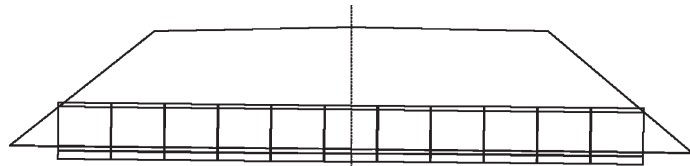


Рис. 38. Фасад при типовом проектировании

Выделить курсором вставленный блок на фасаде или на плане, при этом цвет изменится на красный. Переместить блоки можно с помощью стрелок клавиатуры на 10 мм. Блок можно удалять, копировать, вставлять. Снять выделение с блока можно, еще раз указав на него курсором.

Необходимо периодически сохранять вводимую информацию, так как в программе не предусмотрено автоматическое сохранение.



Рис. 39. Навигационные команды: по фасаду, в плане, в поперечнике и разрезе

С помощью навигационных команд **Навигация — Вид** можно менять видовые экраны: фасад — **Продольный разрез по оси трубы**, **План** — вид сверху, **Фасад входного оголовка**, **Поперечный разрез трубы** (рис. 39).

Полученную конструкцию трубы редактируем, изменяя и дополняя чертеж согласно заданию коническим звеном на входе, порталным оголовком и откосными стенками.

Через меню **База блоков — Список/Поиск блоков** выполнить поиск блока необходимой марки: конического звена, порталной и откосных стенок (см. табл. 78) в базе данных блоков конструкции (рис. 40).

Поиск блока можно осуществлять из списка, по слову или по марке (**База блоков — Поиск по марке**). Через команду **Геометрия — Показать** определяем точку вставки блока в чертеж трубы (рис. 41).

Выписать габаритные размеры порталной и откосной стенок, которые пригодятся для дальнейших расчетов.

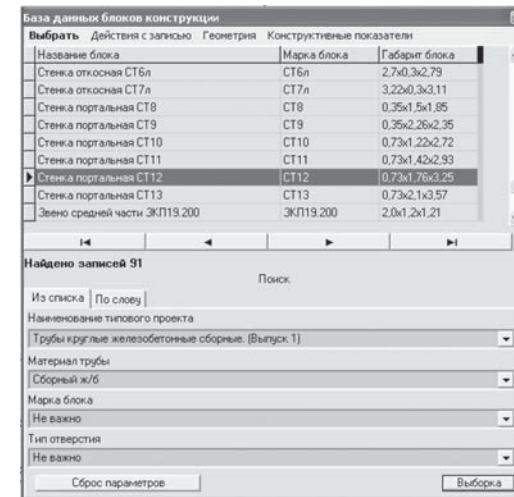


Рис. 40

Нажать кнопку **Выбрать**. Выбираем **Новое очко 1**. Место вставки определяют через команду **Указать**, включив привязку **F3**. Особые свойства вставляемого блока: порталную стенку привязать к проектной линии. Откосные стенки не привязывать.

Для **правого** оголовка, чтобы вставить блоки порталных и откосных стенок, необходимо поставить флажок **Отразить зеркально** (рис. 42).

При сборке откосных стенок их необходимо повернуть клавишами клавиатуры «PageUp» или «PageDown» на 1° (рис. 43). На фасаде необходимо скрыть дальнюю откосную стенку, а на разрезе — звено на выходе. Для этого на фасаде (или разрезе) через меню **Очко — Видимость — Глубина видимости на виде** указать точку на оси *X* в плане, далее которой блоки будут невидимыми.

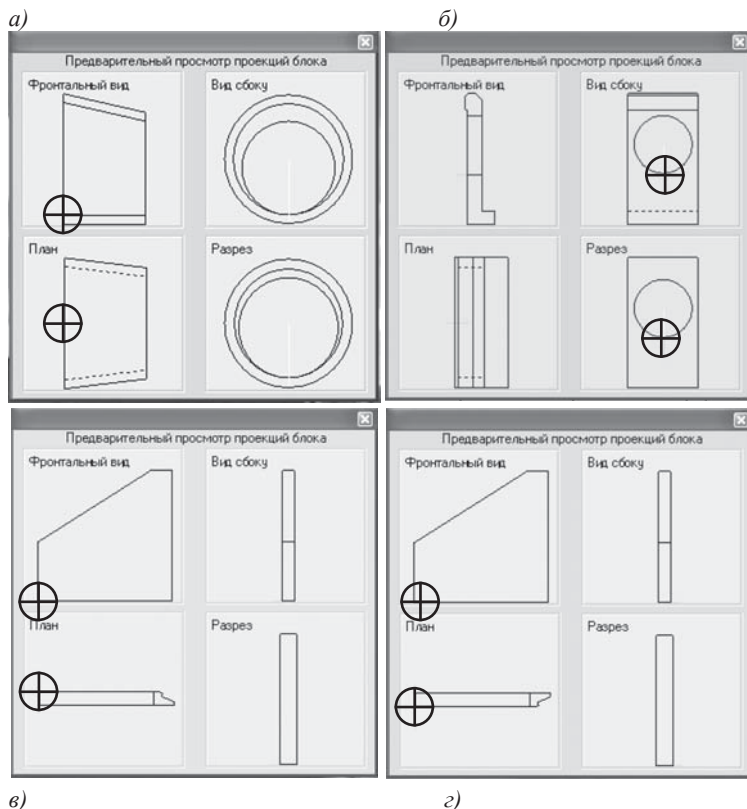


Рис. 41. Точки вставки: а — коническое звено на входе; б — порталная стенка; в — правая откосная стенка; з — левая откосная стенка

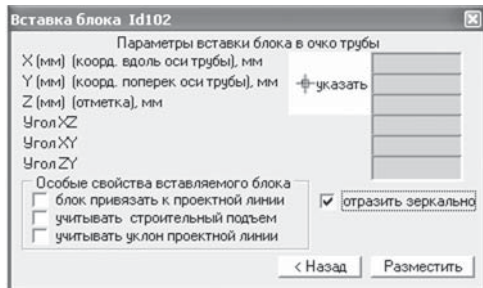


Рис. 42. Вставка на чертеже правого оголовка

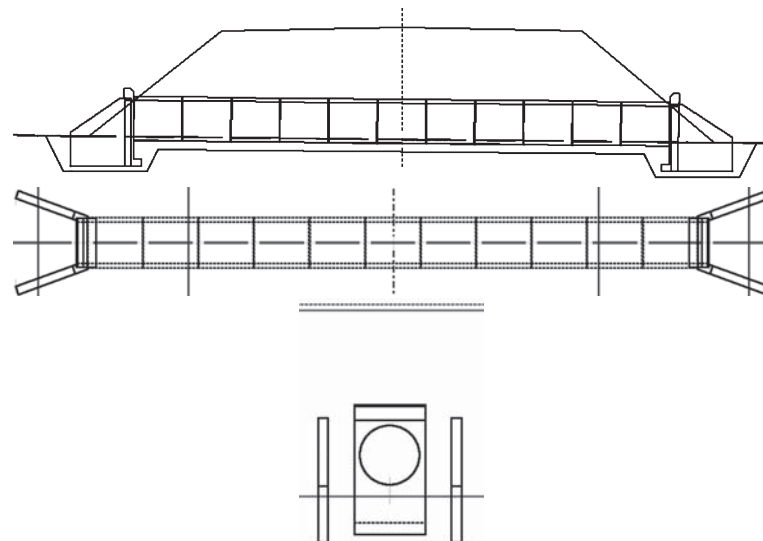


Рис. 43. Фасад, план и разрез с порталными и откосными стенками

6.5. Земляные и укрепительные работы

Через меню **Утилиты** — **Земляные работы** вводят исходные данные для подсчета объемов земляных работ — котлована: общие по оси трубы, под левым и правым оголовком (рис. 44).

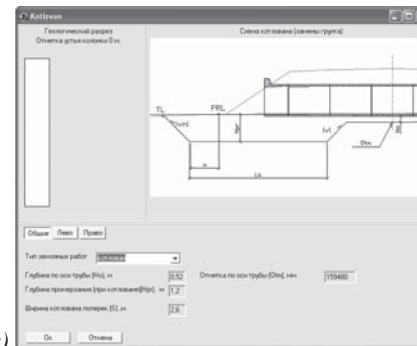
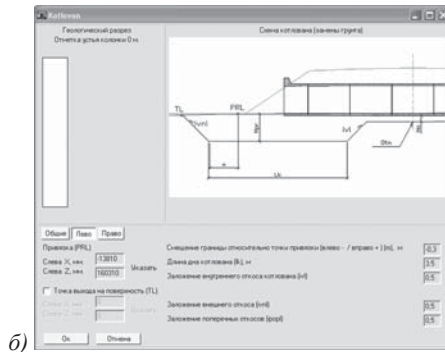


Рис. 44. Размеры котлована: а — общие по оси трубы;



б)

Рис. 44. Размеры котлована: б — слева (справа) под оголовки

Размер котлована зависит от диаметра трубы, вида и влажности грунта, глубины заложения. Ширину котлована понизу назначают в зависимости от диаметра трубы D , толщины стенки трубы $h_{ст}$ и вида соединения стыков по таблице 79, но не менее 0,7 м.

Таблица 79

Ширина котлована

Диаметр трубы D , м	Ширина котлована понизу, м, для соединений	
	стыковых	раструбных
0,5–1,5	$D + 2h_{ст} + 0,8$	$D + 2h_{ст} + 1,0$
1,5–2,0	$D + 2h_{ст} + 1,4$	$D + 2h_{ст} + 1,4$

Точку привязки PRL — начало и конец трубы (откосной стенки) — необходимо указать. Крутизну откосов траншеи назначают в зависимости от вида грунта и глубины траншеи по таблице 80.

Таблица 80

Крутизна откосов котлована

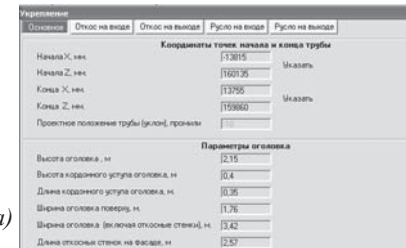
Вид грунта	Крутизна откосов при глубине траншеи, м		
	Менее 1,5	1,5–3	Переувлажненный грунт
Песок	1: 0,5	1: 1	1: 1,25
Супесь	1: 0,25	1: 0,67	1: 1
Суглинок	1: 0	1: 0,5	1: 1
Глина	1: 0	1: 0,25	1: 1

Через меню **Утилиты** — **Укрепление** вводят исходные данные для подсчета объемов укрепительных работ русла: основные;

русла на входе; русла на выходе (рис. 45). Предложено два типа укрепления русла: каменная наброска, монолитный бетон.

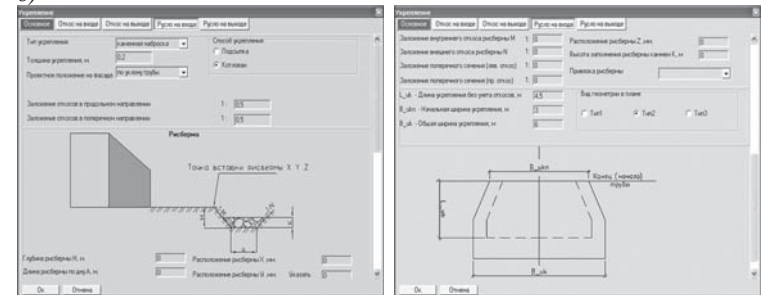
Укрепление откоса можно не проектировать на данном этапе. Ниже приведена схема котлована под трубу и укрепления русел, выполненная в программе CREDO (рис. 46).

Через меню **Утилиты** — **Статистика** получаем ведомость объемов работ на устройство трубы: звенья средней части, оголовки, земляные и укрепительные работы (табл. 81).



а)

б)



в)

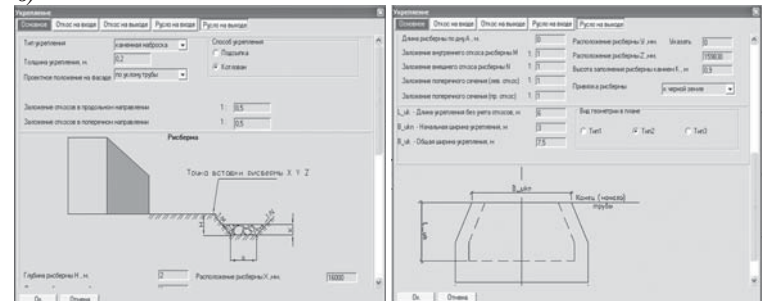


Рис. 45. Укрепление русла: а) основные данные; б) на входе; в) на выходе

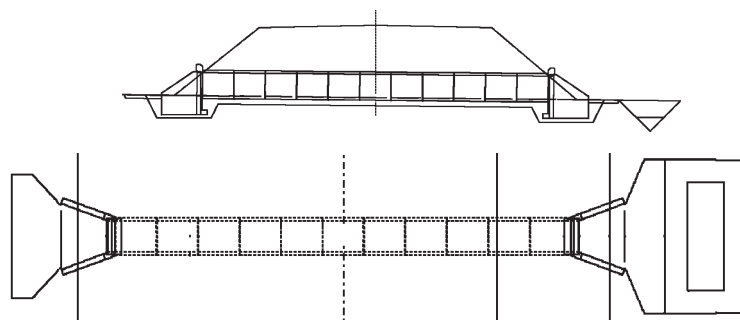


Рис. 46. Схема котлована под трубу и укрепление русел

Таблица 81

**Ведомость объемов работ на строительство трубы на ПК
24+00 отверстием 1,5 м при высоте насыпи 4,65 м**

№ п/п	Наименование работ	Единица измерения	Количество
1	2	3	4
Средняя часть трубы			
1	Монтаж блоков «Звено средней части ЗК6.200»	шт.	11
2	Сборный железобетон, габарит 2,0×1,82 м, вес 4,8 т	м ³	20,9
3	Арматура А-I	кг	357,5
4	Арматура А-III	кг	1474
Оголовки			
5	Монтаж блоков «Стенка порталная СТ12»	шт.	2
6	Сборный железобетон, габарит 0,73×1,76×3,25 м, вес 4 т	м ³	3,14
7	Арматура А-I	кг	98,2
8	Арматура А-II	кг	39,6
9	Монтаж блоков «Стенка откосная СТ6п»	шт.	2
10	Сборный железобетон, габарит 2,7×0,3×2,79 м, вес 4,2 т	м ³	3,34
11	Арматура А-I	кг	137,4
12	Монтаж блоков «Стенка откосная СТ6л»	шт.	2
13	Сборный железобетон, габарит 2,70×0,3×2,79, вес 4,2 т	м ³	3,34
14	Арматура А-I	кг	137,4
Укрепительные работы			
15	Укрепление русла на входе щебнем М400 фр. 40–70 мм, h = 0,2 м	м ²	12,4
16	Укрепление русла на выходе щебнем М400 фр. 40–70 мм, h = 0,2 м	м ²	12,6
Земляные работы			
17	Разработка грунта экскаватором	м ³	64,58

6.6. Чертеж в AutoCAD

Через меню **Сервис — Настройка — Печать** выбрать масштаб 1:100 и виды чертежа: фасад, план, вид слева, разрез, поперечник (рис. 47).

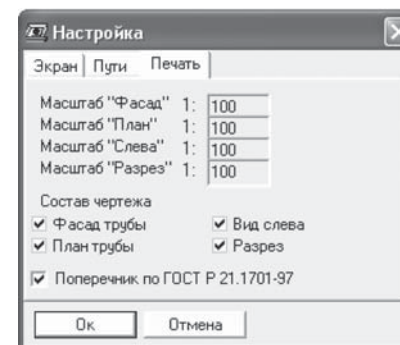


Рис. 47. Настройка для AutoCAD

Через меню **Объект — Чертеж** сохранить файл (*.ach) (рис. 48). Затем автоматически переходим в программу AutoCAD с экспортом конструкции трубы.

Идет запрос на выбор таблиц с установкой флажка (рис. 49) и выбора формата чертежа (рис. 50). Формат чертежа для прорисовки рамки можно выбрать А1 (594 × 841 мм).

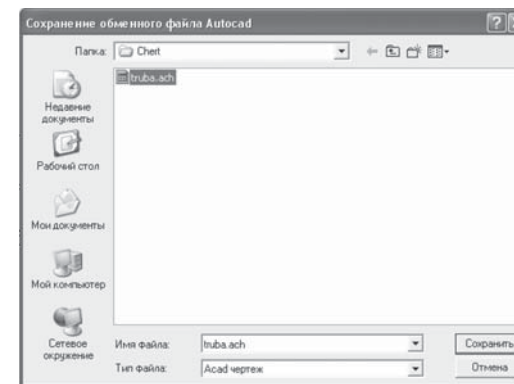


Рис. 48. Сохранение в файл (*.ach)

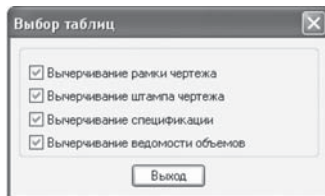


Рис. 49. Вспомогательные таблицы

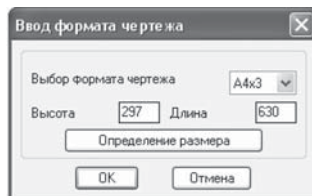


Рис. 50. Выбор формата чертежа

Для вычерчивания штампа необходимо заполнить бланк данных (рис. 51).

При заполнении данных для спецификации и ведомости объемов нажать кнопку ОК. В ведомости объемов можно добавить количество строк в таблице и занести данные из таблицы 81.

Рис. 51. Бланк данных для штампа

Затем автоматически будут вычерчиваться таблицы **Спецификация** и **Основные объемы работ**, для которых необходимо курсором указать точку расположения на чертеже (рис. 52, 53). Далее необходимо оформить чертеж трубы согласно СПДС (см. рис. 31).

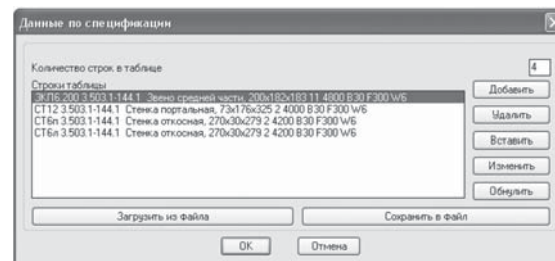


Рис. 52. Спецификация

Рис. 53. Основные объемы работ