

Владимирский государственный университет

**Ю. С. КАНДРАШКИНА Д. А. ИЛЬЧЕВ
П. Ю. ПАЗУХИН**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОГРАММНЫЕ
КОМПЛЕКСЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Практикум

Владимир 2026

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Ю. С. КАНДРАШКИНА Д. А. ИЛЬИЧЕВ
П. Ю. ПАЗУХИН

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Практикум

Электронное издание



Владимир 2026

ISBN 978-5-9984-2153-2

© Кандрашкина Ю. С., Ильичев Д. А., Пазухин П. Ю., 2026

УДК 004.94
ББК 32.81+38

Авторы: Ю. С. Кандрашкина (п. 2.6, практ. работы № 5 – 6, тема 3, заключение), Д. А. Ильичев (тема 2, п. 2.1 – 2.5, практ. работы № 2 – 4), П. Ю. Пазухин (введение, тема 1, практ. работа № 1)

Рецензенты:

Кандидат технических наук, доцент
зав. кафедрой строительного производства
Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
С. В. Прохоров

Начальник отдела ЦУП
Филиал «Владимир» Акционерное общество «МОСТОТРЕСТ-СЕРВИС»
А. А. Родионов

Издается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Кандрашкина, Ю. С. Современные программные комплексы при проектировании автомобильных дорог [Электронный ресурс] : практикум / Ю. С. Кандрашкина, Д. А. Ильичев, П. Ю. Пазухин ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2025. – 192 с. – ISBN 978-5-9984-2153-2. – Электрон. дан. (14,4 Мб). – 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). – Систем. требования: Intel от 1,3 ГГц; Windows XP/7/8/10; Adobe Reader; дисковод DVD-ROM. – Загл. с титул. экрана.

Содержит теоретический материал и комплекс практических работ, направленных на освоение современных программных продуктов при проектировании в сфере дорожного строительства. Представлены методические указания по работе с системами NanoCAD, КРЕДО-Проектирование, РАДОН.

Практикум предназначен для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01, 08.04.01 «Строительство» очной формы обучения.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Ил. 186. Табл. 35. Библиогр.: 8 назв.

ISBN 978-5-9984-2153-2

© Кандрашкина Ю. С.,
Ильичев Д. А., Пазухин П. Ю., 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
-----------------------	---

Тема 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОСЕЙ В СИСТЕМЕ NanoCAD	7
--	---

1.1. Теоретические аспекты проектирования продольной оси дороги	7
--	---

1.2. Методика расчета высотного положения пикетажа	12
--	----

1.3. Проектирование круговых кривых.....	16
--	----

1.4. Практическое применение NanoCAD	17
--	----

<i>Практическая работа № 1. МЕТОДИКА ТРАССИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ</i>	20
--	----

Тема 2. РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ДОРОЖНОЙ ТРАССЫ	34
---	----

2.1. Разработка цифровой модели местности	34
---	----

2.2. Установка программного комплекса «КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ».....	36
--	----

<i>Практическая работа № 2. ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ</i>	39
--	----

2.3. Концепция цифровой модели дороги.....	51
--	----

<i>Практическая работа № 3. ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ДОРОГИ</i>	56
---	----

2.4. Проектирование продольного профиля автомобильной дороги	64
---	----

<i>Практическая работа № 4. ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ</i>	83
---	----

2.5. Проектирование поперечного профиля автомобильной дороги	99
2.6. Проектирование водоотводных сооружений	113
<i>Практическая работа № 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОПЕРЧЕННОГО ПРОФИЛЯ В «КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ»</i>	122
Тема 3. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ	131
3.1. Теоретические основы конструирования дорожных одежд	131
3.2. Параметры нагрузочного воздействия.....	135
3.3. Основные сведения о «КРЕДО РАДОН».....	140
<i>Практическая работа № 6. РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ НЕЖЕСТКОЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ В «КРЕДО РАДОН»</i>	167
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	190
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	191
РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕСУРСЫ	191

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях развития дорожно-строительной отрасли специалисты должны обладать не только глубокими теоретическими знаниями, но и практическими навыками работы с передовыми программными комплексами для проектирования автомобильных дорог. Владение специализированным программным обеспечением, умение создавать цифровые модели трасс и выполнять комплексные расчеты дорожных конструкций становится неотъемлемым требованием к профессиональной подготовке инженеров-дорожников.

Программные комплексы, такие как NanoCAD, КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ и КРЕДО РАДОН, представляют собой современные инструменты для автоматизированного проектирования автомобильных дорог и позволяют выполнять полный цикл работ: от трассирования и проектирования продольного профиля до расчета дорожных одежд и создания проектной документации в соответствии с действующими нормативами.

Основная цель освоения практикума – формирование практических навыков проектирования автомобильных дорог с использованием перечисленных программных комплексов. Практикум направлен на освоение методик проектирования геометрических элементов дороги, умение создавать цифровые модели трасс и выполнять расчеты дорожных конструкций.

Первая тема практикума посвящена освоению технологий проектирования продольной оси дороги и круговой кривой в среде NanoCAD, студенты научатся выполнять расчеты высотного положения пикетов, работать с координатами и создавать проектные решения в соответствии с техническими требованиями.

Во второй теме рассматриваются технологии создания цифровых моделей дорог в системе КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ, а именно вопросы проектирования продольного и поперечного профилей, разработки водоотводных систем и создания комплексной модели трассы.

В третьей теме излагается расчет нежестких дорожных одежд в программе КРЕДО РАДОН. Студенты освоят методики определения

расчетных параметров и оптимизации конструкции дорожной одежды, а также выполнение прочностных расчетов.

Практикум включает серию заданий, направленных на освоение базовых команд и инструментов программных комплексов. Задания предусматривают создание и расчет дорожных конструкций, формирование проектной документации и анализ полученных результатов.

Материалы практикума могут использоваться как для аудиторной работы под руководством преподавателя, так и для самостоятельной подготовки. Практические работы сопровождаются методическими рекомендациями и контрольными вопросами для проверки усвоения материала.

Тема 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОСЕЙ В СИСТЕМЕ NanoCAD

Автомобильная дорога представляет собой комплекс конструктивных элементов, предназначенных для движения с установленными скоростями, нагрузками и габаритами автомобилей и иных наземных транспортных средств, осуществляющих перевозки пассажиров и (или) грузов, а также участки земель, предоставленные для их размещения.

Они имеют огромное значение для экономической, политической, промышленной, культурной и социальной жизни нашей страны. Как самый дорогостоящий элемент экономической системы государства, автомобильная дорога слагает транспортную доступность внутри системы, коренным образом влияя на скорость и динамику взаимоотношений элементов экономики в целом.

Все автомобильные дороги без исключения, образуют собой Всероссийскую сеть автомобильных дорог.

Дорожная сеть - совокупность всех общественных дорог на определенной территории. Проектирование автомобильных дорог должно осуществляться на основе планов территориального планирования объектов транспорта с учетом перспектив развития экономических районов и наиболее эффективного слияния строящейся дороги с существующей и проектируемой транспортной сетью.

Автомобильные дороги включают в себя земельные участки в границах полосы отвода и расположенные на них или под ними конструктивные элементы (земляное полотно, дорожные одежды) и дорожные сооружения, являющиеся их технологической частью, защитные дорожные сооружения, искусственные дорожные сооружения, производственные объекты, элементы обустройства автомобильных дорог.

1.1. Теоретические аспекты проектирования продольной оси дороги

Основные технические характеристики автомобильных дорог, на основании которых назначаются количество полос движения и их ши-

рина, ширина обочин и разделительных полос (при наличии), расчетная скорость движения и т.д., регламентируются следующими нормативными документами: ГОСТ Р52399-2022 и СП 34.13330.2021.

Для удобства и безопасности движения автомобилей изломы дороги смягчают, вписывая в их углы дуги окружности или кривые с постепенно изменяющимся радиусом кривизны (переходные кривые).

Удлинение дороги, вызванное введением углов поворота, характеризуют коэффициентом развития, или коэффициентом удлинения, равным отношению фактической длины дороги к длине прямой, соединяющей начальный и конечный ее пункты («воздушной линии»).

Положение геометрической оси дороги на местности называется ее трассой. Поскольку трасса при обходе препятствий, на подъемах на холмы и спусках в понижения местности меняет свое направление в плане и профиле, она является пространственной линией.

Графическое изображение проекции трассы на горизонтальную плоскость, выполненное в уменьшенном масштабе, называют планом трассы (рис. 1.1).

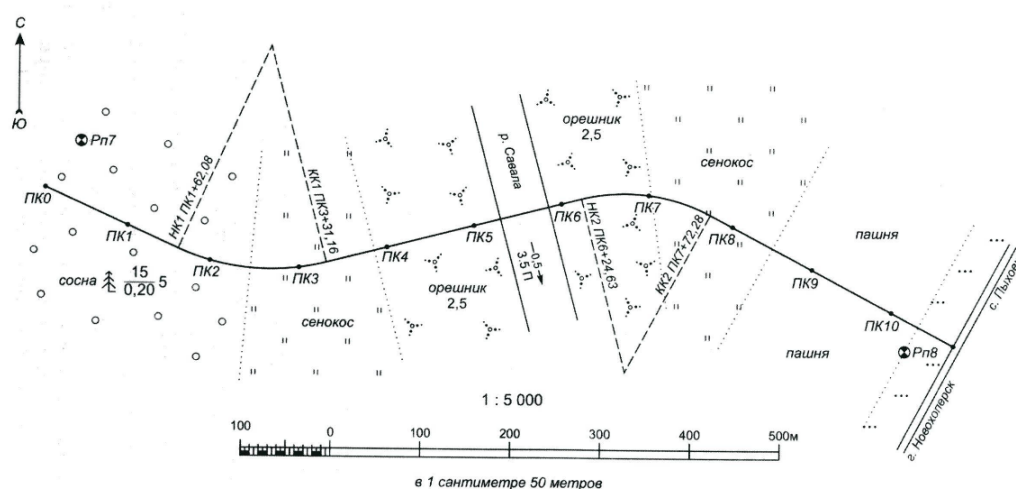


Рис. 1.1

Каждое изменение направления трассы определяется углом поворота, который измеряют между продолжением направления трассы и новым ее направлением. Углы поворота последовательно нумеруют вдоль дороги — по ходу трассы. Чтобы запроектированную трассу

можно было точно воспроизвести на местности, ее ориентируют относительно сторон света. Для этого вычисляют румбы прямых участков трассы [2].

Различают следующие геометрические элементы закруглений: угол α , радиус R , кривую K , тангенс T , биссектрису B (рис. 1.2).

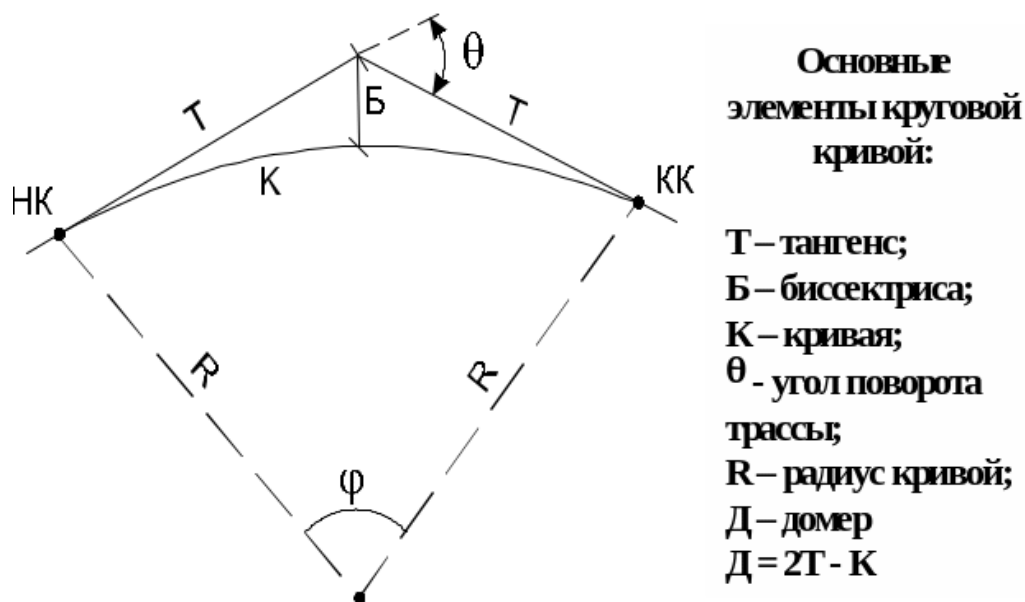


Рис. 1.2

Так как при изысканиях длину трассы измеряют по направлениям тангенсов, то в пределах кривой возникает ошибка в оценке длины дороги, поскольку измеряемая ломаная линия больше, чем дуга. Чтобы исправить эту ошибку, при измерении длины дороги на каждой кривой вводят поправку, называемую домером D .

Элементы кривой связаны между собой простыми тригонометрическими соотношениями.

Для удобства определения длин кривых и разбивки их на местности имеются специальные таблицы.

Выбор положения трассы дороги является самым ответственным этапом проектирования, поскольку оказывает значительное влияние на стоимость строительства и эксплуатации дорог, удобство и безопасность движения, степень влияния дороги на окружающую среду.

Существует два метода нанесения трассы автомобильной дороги:

- Метод гибкой линейки (клотоидное трассирование) (рис. 1.3)
- Традиционный метод (полигонное трассирование) (рис. 1.4).

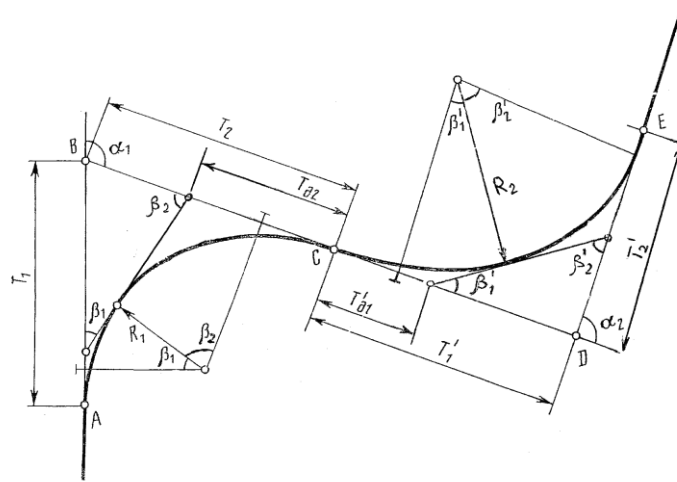


Рис. 1.3

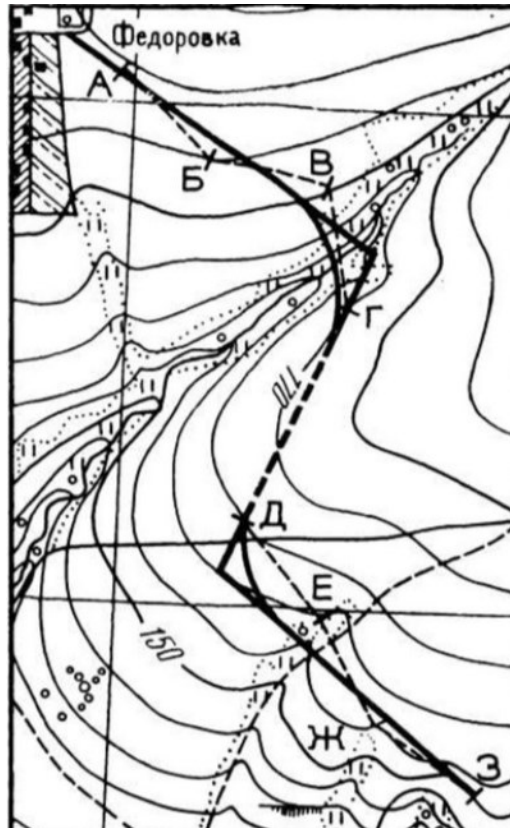


Рис. 1.4

Метод клотоидного трассирования состоит в том, что на карте, сообразуясь с рельефом и ситуацией вписывают плавную линию от руки либо с помощью специальной гибкой линейки – сплайна. Затем

по шаблонам клотоидных кривых устанавливают радиус R и параметры (элементы кривых).

Метод гибкой линейки позволяет наносить наиболее оптимальные варианты трассы, обеспечивающие лучшее сочетание с окружающим ландшафтом, поэтому его применяют как основной при ручном и автоматизированном проектировании плана трассы.

Традиционный метод:

1. Начальный и конечный пункты трассы соединяют прямой, которая называется воздушной линией.
2. Устанавливают контрольные точки, через которые должна пройти трасса при обходе препятствий.
3. Через контрольные точки наносят ломаный магистральный ход (полигон).
4. Измеряют углы поворота (их измеряют между продолжением трассы и новым направлением).
5. Вписывают кривые в плане.

Трассу по возможности следует располагать:

- ближе к магистральной линии (по возможности сокращать протяжённость автомобильной дороги);
- огibtать крупные формы рельефа, что сокращает объёмы земляных работ и придаёт автомобильной дороге гармоничную сочетаемость с элементами ландшафта;
- обходить населённые пункты;
- ценные земли;
- неблагоприятные по инженерно-геологическим условиям участки (болота, пучинистые грунты и т.д.)
- в районах с частыми снежными и песчаными заносами необходимо учитывать направление господствующих ветров так, чтобы обеспечить незаносимость дороги.

После того, как на карту нанесён магистральный ход, для придания трассе автомобильной дороги плавности, в местах поворотов магистральной линии вписываются кривые.

Для автомобильных дорог:

1-й технической категории при $R > 3000$ м и 2-5-й технической категории при $R > 2000$ м вписываются круговые кривые.

Для автомобильных дорог:

1-й технической категории при $R < 3000$ м и 2 – 5-й технической категории при $R < 2000$ м вписываются переходные кривые с круговой вставкой.

Нормами на проектирование автодорог установлены значения допустимых в трудных условиях наименьших радиусов кривых в плане для различных категорий дорог.

При назначении радиусов кривых необходимо стремиться к максимально возможному в условиях данного угла поворота радиусу.

Там, где условия позволяют, следует назначать радиусы равные или более 3000 м, условия движения по которым не отличаются от условий на прямых участках.

1.2. Методика расчета высотного положения пикетажа

Пикет представляет собой важную геодезическую точку на местности, которая обозначается специальным знаком в виде колышка или другого маркера. Термин происходит от французского слова «*piquet*», что означает «кол». Пикеты служат ориентирами при проведении различных геодезических работ, включая установку измерительных приборов и закрепление трассы на местности.

В современной геодезической практике пикеты устанавливаются на строго определенном расстоянии друг от друга, чаще всего через каждые 100 метров. Такая система расположения точек называется **пикетажем** и является основой для проведения топографической съемки и других измерений.

Система нумерации пикетов начинается с нуля. Первая точка обозначается как ПК0, следующая через 100 метров — ПК1, затем ПК2 и так далее. Такая последовательная нумерация позволяет точно определять местоположение любой точки на трассе и упрощает привязку объектов к местности.

Для надежного закрепления пикетов используются различные методы и материалы. Наиболее распространенными являются деревянные колышки с информационными табличками, металлические знаки и специальные геодезические марки. В некоторых случаях могут применяться временные ориентиры, особенно при проведении краткосрочных работ (рис. 1.5).

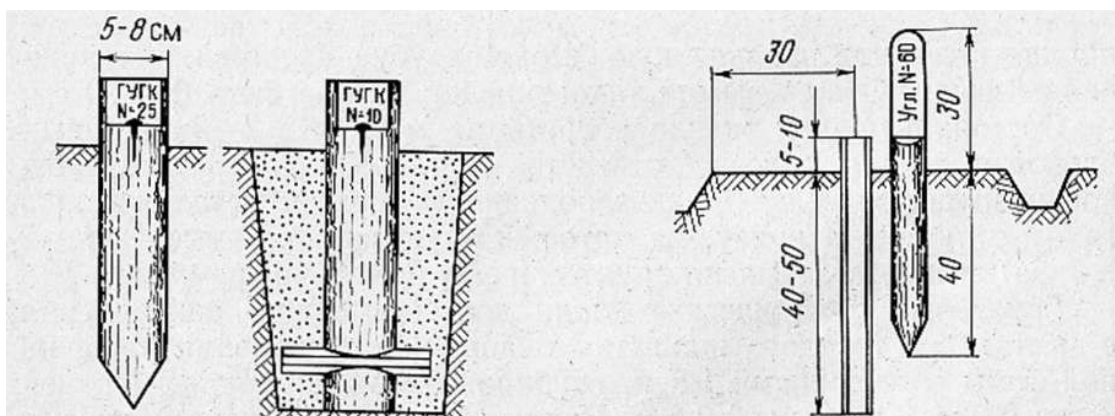


Рис. 1.5

Пикетажная система находит широкое применение в различных областях: при строительстве автомобильных и железных дорог, прокладке инженерных коммуникаций, выполнении топографической съемки и проведении землеустроительных работ. Благодаря стандартизации расстояний между пикетами обеспечивается точность измерений и удобство взаимодействия между специалистами.

При работе с пикетажной системой необходимо соблюдать ряд важных требований. Прежде всего, это касается точности измерений, которая должна соответствовать проектным требованиям. Знаки должны быть хорошо заметны и обладать достаточной долговечностью для сохранения в течение всего периода работ. Обязательным является ведение подробной документации, включающей координаты всех установленных пикетов.

Правильная организация пикетажной сети является фундаментом успешного выполнения геодезических работ. Она обеспечивает необходимую точность всех измерений и последующих построений, что критически важно для качества выполняемых проектов. Регулярная проверка сохранности установленных знаков позволяет поддерживать систему в рабочем состоянии на протяжении всего периода использования.

Методика определения высотного положения пикета

Разбивка пикетажа производится на оси дороги с учетом масштаба карты. Пикеты устанавливаются через каждые 100 метров. Для примера рассмотрим определение высоты пикета ПК 00+00.

1. Определяем, между какими горизонталями находится пикет

В нашем случае пикет расположен между горизонталями 200 м и 202,5 м. (рис. 1.6).

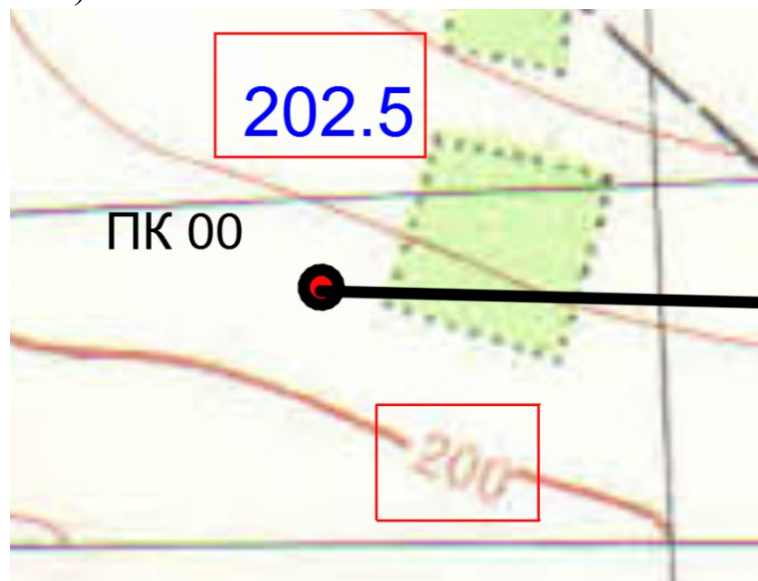


Рис. 1.6

Шаг горизонталей составляет 2,5 м.

2. Проводим линию от высшей горизонтали (202,5 м) к низшей (200 м) через точку пикета (рис .1.7).

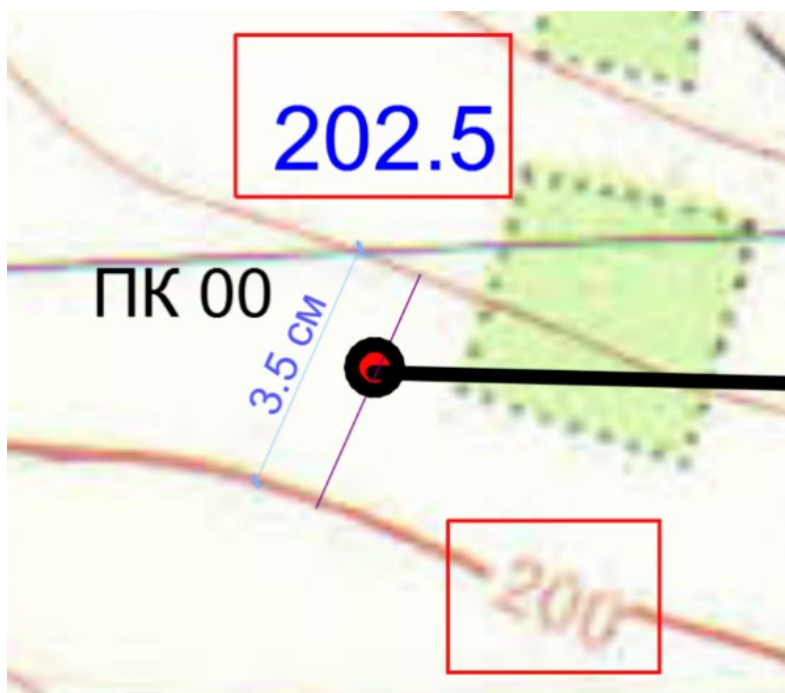


Рис. 1.7

Измеряем общую длину перпендикуляра линейкой — получаем 3,5 см. Это расстояние соответствует перепаду высот 2,5 м.

3. От высшей горизонтали (202,5 м) измеряем расстояние до пикета — получаем 1,25 см (рис. 1.8).

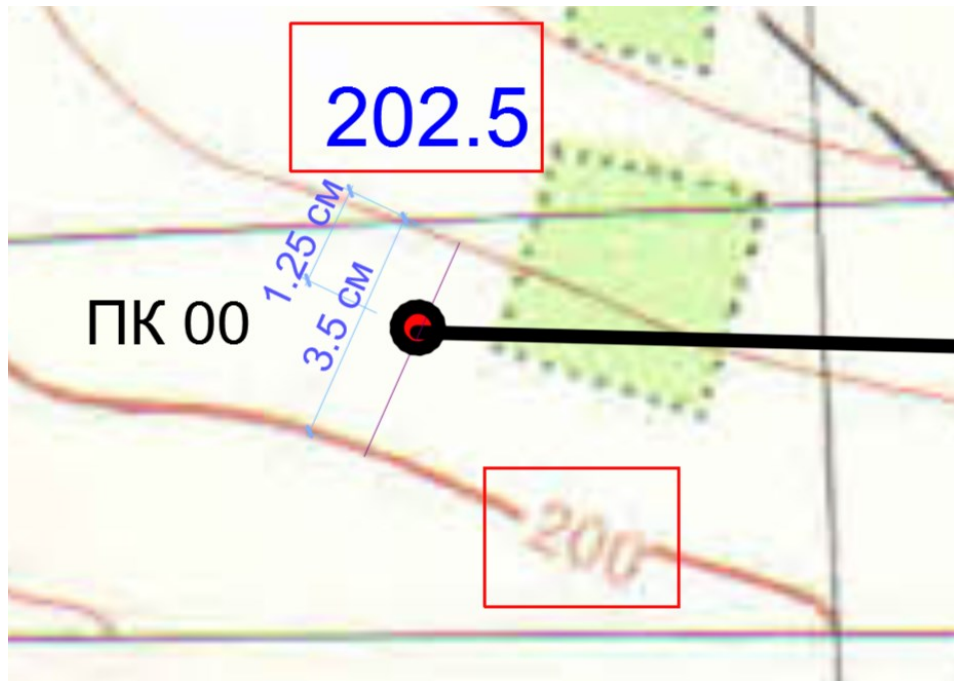


Рис. 1.8

4. Составляем пропорцию:

3,5 см соответствует 2,5 м

1,25 см соответствует X метров

Вычисляем высоту

$$X = (1,25 \times 2,5) / 3,5 = 0,89 \text{ м}$$

Это величина превышения от высшей горизонтали

5. От отметки высшей горизонтали (202,5 м) отнимаем полученное превышение

$$H = 202,5 - 0,89 = 201,61 \text{ м}$$

1.3. Проектирование круговых кривых

Требования к проектированию автомобильных дорог в горизонтальной и вертикальной плоскостях систематически увеличиваются. Это вызвано возрастающими скоростями движения автомобильного транспорта и необходимостью обеспечения его безопасности [3].

Ниже указаны наименьшие радиусы горизонтальных и вертикальных круговых кривых в зависимости от скорости движения транспорта и технико-экономической целесообразности.

Во всех случаях при проектировании кривых, когда по условиям местности технически возможно и экономически целесообразно, следует принимать:

- продольные уклоны — не более 30 %;
- расстояния видимости поверхности дороги — не менее 450 м;
- радиусы кривых в плане — не менее 3000 м;
- радиусы кривых в продольном профиле: выпуклых — не менее 70 000 м, вогнутых — не менее 8000 м;
- длины кривых в продольном профиле: выпуклых — не менее 300 м, вогнутых — не менее 100 м.

Кривые в плане и продольном профиле следует, как правило, совмещать. При этом длины кривых в плане рекомендуется принимать равными или большими длинами кривых в продольном профиле, а смещение вершин кривых рекомендуется принимать не более чем на 1/4 длины наименьшей из кривых.

Следует избегать сопряжений концов кривых в плане с началом выпуклых или вогнутых кривых в продольном профиле, расположенных на последующих прямых участках. Длины прямых и кривых между собой, как правило, не должны различаться в 2–3 раза. Не рекомендуется применять короткие кривые в плане, расположенные между длинными прямыми, и короткие прямые вставки между кривыми. Радиусы сопрягающихся или расположенных в непосредственной близости кривых не должны различаться более чем в 1,3 раза.

Если возможно по условиям местности и не вызывает существенного увеличения объёмов и стоимости работ, в проектах подъездных дорог следует принимать:

продольные уклоны — не более 30 ‰;

радиусы кривых в продольном профиле: выпуклых — более 5000 м, вогнутых — более 1000 м.

В стеснённых условиях при соответствующем обосновании радиусы кривых в продольном профиле могут быть уменьшены:

для магистральных и производственных дорог — до 1500 м;

для проездов и подъездов — до 600 м (выпуклые), до 400 м (вогнутые) для магистральных и производственных дорог, до 200 м — для проездов и подъездов (табл. 1).

Таблица 1

Расчётная скорость, км/ч	Наибольшие продольные уклоны, ‰	Наименьшие радиусы кривых, м	В горной местности	Наименьшие радиусы кривых, м	
		В плане		В продольном профиле	
		Основные		Выпуклых	Вогнутых
					Основные
150	30	1200	1000	30000	8000
120	40	800	600	15000	5000
100	50	600	400	10000	3000
80	60	300	250	5000	2000
60	70	150	125	2500	1500
50	80	100	100	1500	1200
40	90	60	60	1000	1000
30	100	30	30	600	600

1.4. Практическое применение NanoCAD

NanoCAD (в частности, комплекс nanoCAD GeoniCS) — это отечественная САПР-платформа, предназначенная для автоматизации проектно-изыскательских работ, включая проектирование автомобильных дорог, инженерных коммуникаций и других инфраструктурных объектов. Практическое проектирование в NanoCAD начинается с подготовки исходных данных: используются различные источники для создания цифровой модели рельефа (ЦМР) — текстовые файлы точек

съёмки, 2D- и 3D-чертежи, файлы LandXML, а также осуществляется импорт данных из других программных продуктов (рис. 1.9).

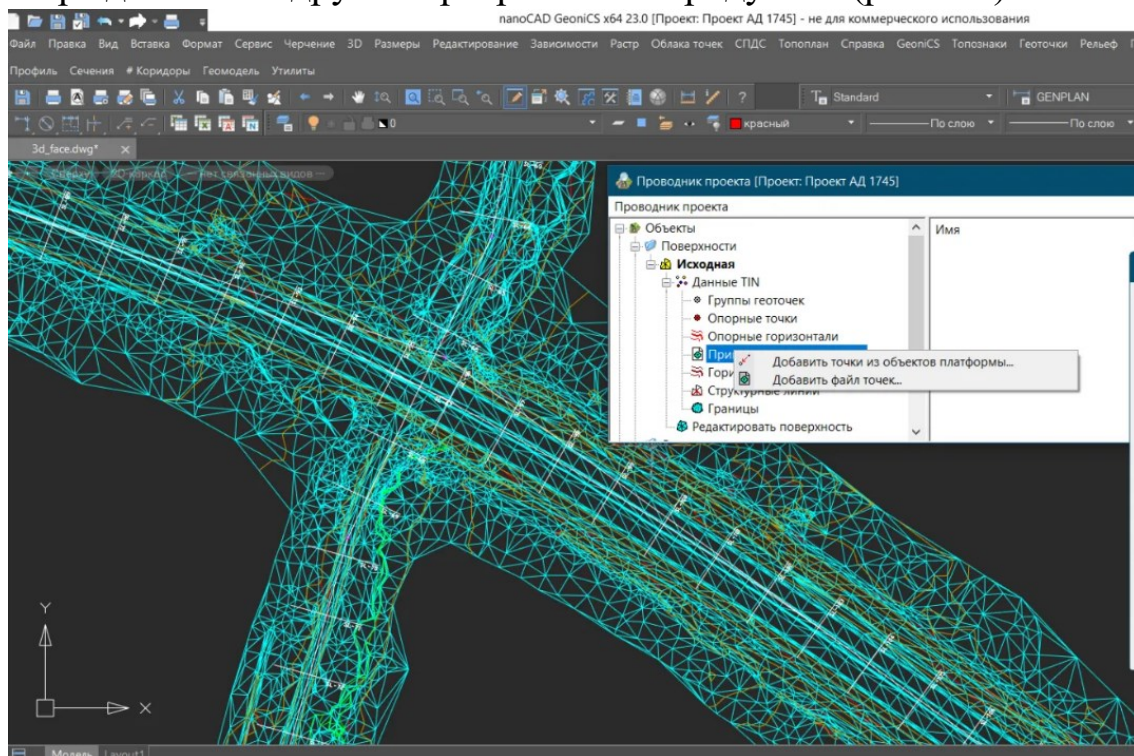


Рис. 1.9

Следующим этапом является создание цифровой модели рельефа (ЦМР). В NanoCAD это реализуется через формирование модели на основе точек съёмки или результатов лазерного сканирования. Точки объединяются в группы по определённым критериям (например, по дате съёмки), а для построения 3D-модели используются горизонталы, структурные линии и примитивы чертежа.

После создания ЦМР проектируется план трассы. Для этого полилиния преобразуется в трассу с помощью команды «Из объектов» на вкладке «Трасса». Далее автоматически разбивается пикетаж и предоставляются подписи. Пользователь может настроить стиль трассы (видимость компонентов, цвет, тип, толщина) и подписать трассу — это можно сделать автоматически с помощью генератора подписей или вручную.

Работа с профилями — ещё один важный этап. В NanoCAD можно создать продольный профиль по трассе несколькими способами: вручную, по примитивам, по поверхности, по 3D-полилинии или

из текстового файла. Стили окна профиля, самого профиля и его подписей можно настраивать, а профиль будет динамически обновляться при изменении трассы. Также доступна функция создания развёрнутого плана трассы (ситуационного плана) с помощью команды «Создать развёрнутый план трассы» (рис. 1.10).

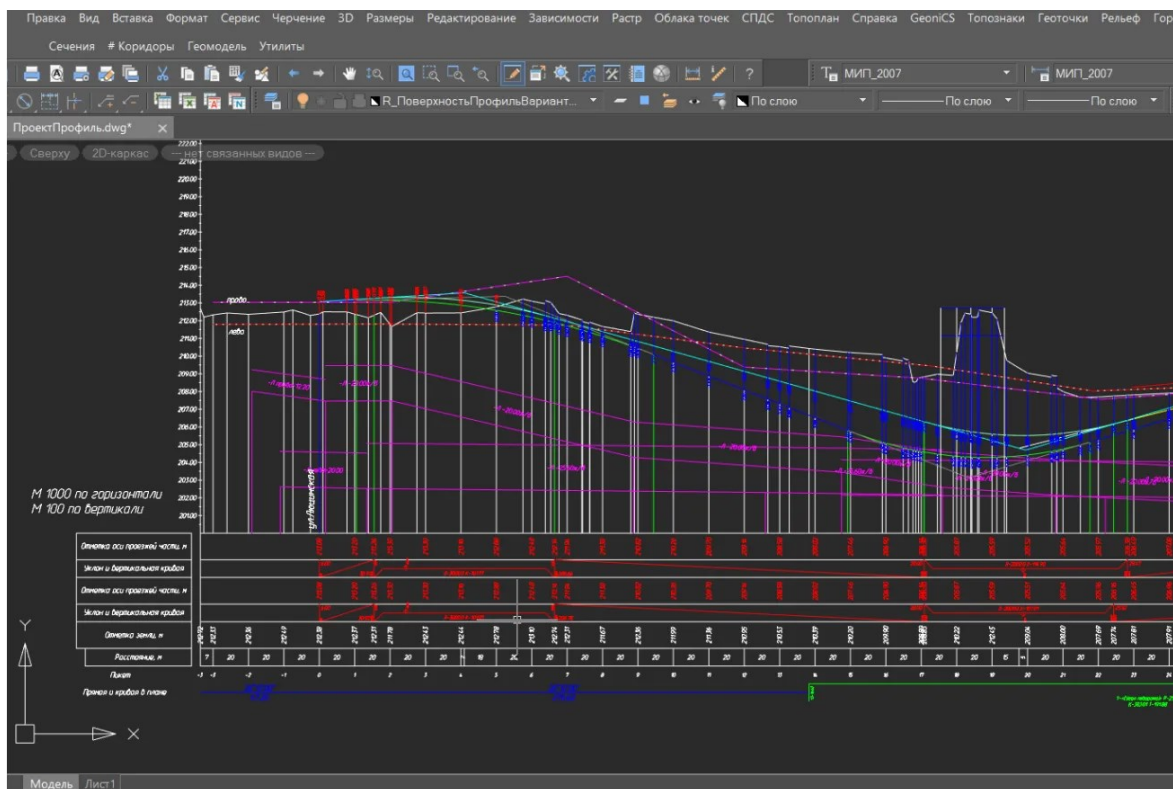


Рис. 1.10

Проектирование инженерных коммуникаций реализуется в модуле «Сети». Здесь выполняется трассировка сетей с учётом нормативных расстояний, подготовка продольных профилей и сводного плана сетей, редактирование параметров сети (диаметры труб, глубина заложения и т. д.), а также формирование отчётных ведомостей.

Расчёты и анализ в NanoCAD включают расчёт объёмов земляных работ (используются методы картограммы, призм и сечений), анализ поверхности (создание сводной поверхности, раскраска по высотам) и расчёты для маркшейдерских работ (учёт добытых объёмов, проектирование отвалов).

Оформление проектной документации в NanoCAD автоматизировано: формируются ведомости (разбивочная, углов поворотов, пикетажная и др.), создаются чертежи плана, профилей, сечений, а также

генерируются таблицы и ведомости в соответствии с российскими стандартами.

NanoCAD включает несколько специализированных модулей:

- «Топоплан» — для создания топографических планов и ЦМР;
- «Геомодель» — для обработки инженерно-геологических данных;
- «Генплан» — для проектирования генпланов, дорожек, площадок;
- «Сети» — для трассировки инженерных коммуникаций.

Среди преимуществ NanoCAD для проектирования можно выделить совместимость с другими CAD-программами и ГИС-системами, поддержку форматов .dwg, .dxf, LandXML, автоматизацию рутинных задач (подписи, ведомости, профили), наличие инструментов для 2D- и 3D-моделирования, а также специализированных функций для инфраструктурного проектирования (откосы, виражи, стрелочные переводы).

Таким образом, NanoCAD GeoniCS предоставляет комплексный инструментарий для решения задач проектирования — от подготовки исходных данных и создания ЦМР до оформления проектной документации с высокой степенью автоматизации.

Практическая работа № 1

МЕТОДИКА ТРАССИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В СИСТЕМЕ NANOCAD

Цель работы заключается в освоении функций для работы с геоточками в программном комплексе nanoCAD. В рамках практического задания предстоит освоить следующие навыки:

- импортирование геоточек по геометрическим координатам в рабочую среду ПК;
- расчёт и проектирование круговых кривых в плане трассы при помощи математических расчётов;
- применение автоматических методов вынесения разбивочных точек плана трассы;
- экспортирование геометрических координат геоточек из рабочей среды ПК.

Исходные данные:

RP1,9355.8899,14713.4214

RP2,10152.8895,13927.2665

RP3,13376.3805,14964.9430

HT,9376.0508,14720.0926

VY,11319.8093,14249.1329

KT, 13317.1665,14351.9151

Теоретическая часть: геоточка — это место с точно определёнными геометрическими координатами, которое обозначает какой-либо объект или участок на земной поверхности. Геоточка представляет собой точку на местности, которая характеризуется набором геометрических координат (x, y, z) — ее главной составляющей. Помимо этого, к геоточкам прикрепляется дополнительная информация, включающая название объекта, его тип (к примеру, дом, парк или памятник), описание, фотографии, ссылки и статусы, например, «рабочая» или «повреждённая» — это особенно важно для геодезических пунктов. Кроме того, геоточки могут быть связаны между собой, образуя маршруты, полигоны или иерархические структуры, такие как «страна → регион → город → улица». Применение геоточек широко распространено в навигации и создании картографических материалов.

Навигационные системы и онлайн-карты, такие как Яндекс Карты и Google Maps, широко применяются для прокладывания маршрутов. Кроме того, регулярно выполняется обновление и создание цифровых карт, а также нанесение на них различных объектов инфраструктуры — от кафе и автозаправок до туристических достопримечательностей.

В области строительства и геодезии важным этапом является установка опорных геодезических знаков, которые обеспечивают точность измерений. Также проводится разметка земельных участков, предназначенных для строительства, и осуществляется контроль за возможными деформациями инженерных сооружений, таких как мосты и плотины, путем сравнения координат в разное время.

Для логистики и транспортных задач осуществляется мониторинг положения транспортных средств и грузов, что способствует эффективному планированию маршрутов доставки.

Мобильные приложения и социальные сети обеспечивают удобный доступ к данным и коммуникацию в перечисленных сферах. Использование геолокации находит широкое применение в различных

сферах. Например, фотографии часто сопровождаются указанием конкретного места съёмки, а в социальных сетях обычной практикой стали геотеги в публикациях и историях. Помимо этого, многие платформы знакомств предлагают возможность фильтрации пользователей по их удалённости.

Ход работы

1. Для начала выполнения работы необходимо открыть ПК nanoCAD и на рабочем столе вашего компьютера создать файл в формате .txt. В этот файл вам необходимо занести координаты начала, конца трассы и вершины угла поворота (рис.1.11) и сохранить файл:

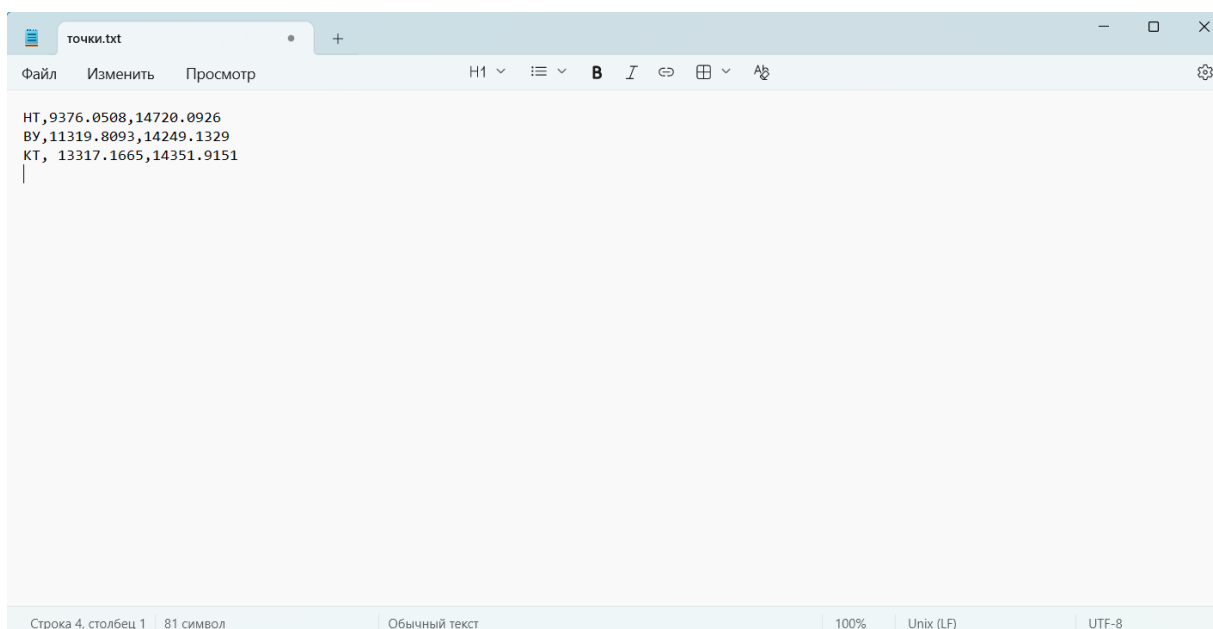


Рис. 1.11

2. Далее – в nanoCAD на ленте выбираем вкладку «Топоплан» и в ней выбираем кнопку «Импорт/Экспорт» (рис.1.12):

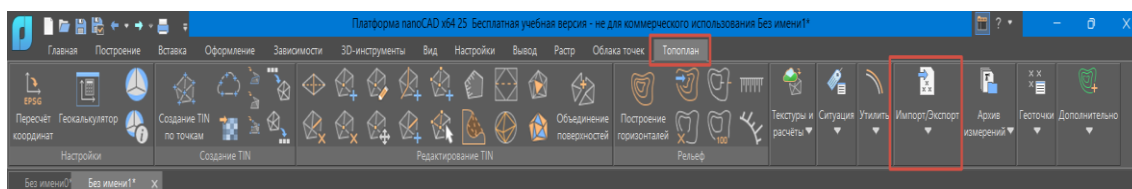


Рис. 1.12

В открывшемся меню выбираем «Импорт геоточек» (рис.1.13):

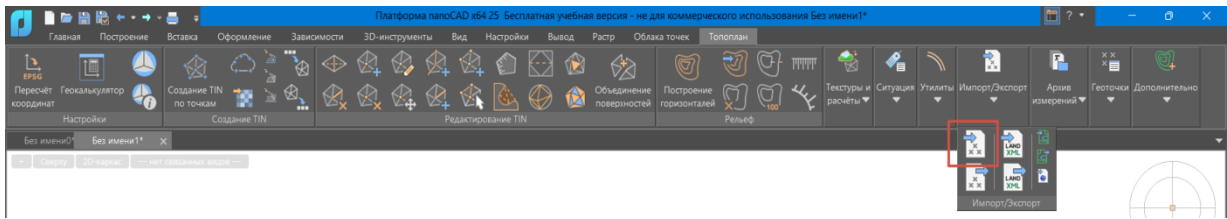


Рис. 1.13

3. В открывшемся окне Импорта необходимо выбрать разделитель – запятая и нажать кнопку «Открыть» (рис.1.14):

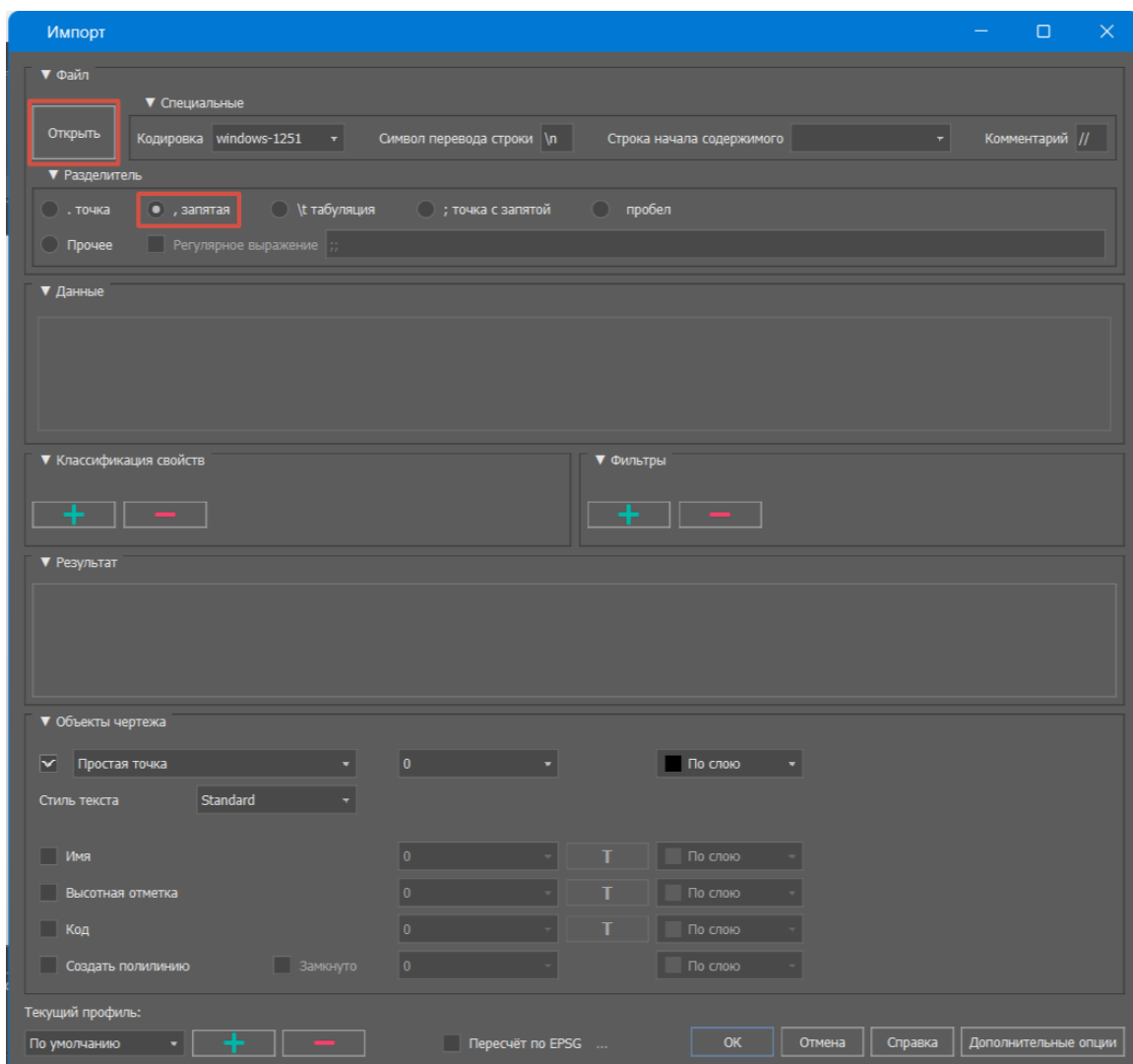


Рис. 1.4

Открываем наш текстовый файл с точками и видим, что координаты автоматически погрузились в область с данными (рис.1.15):

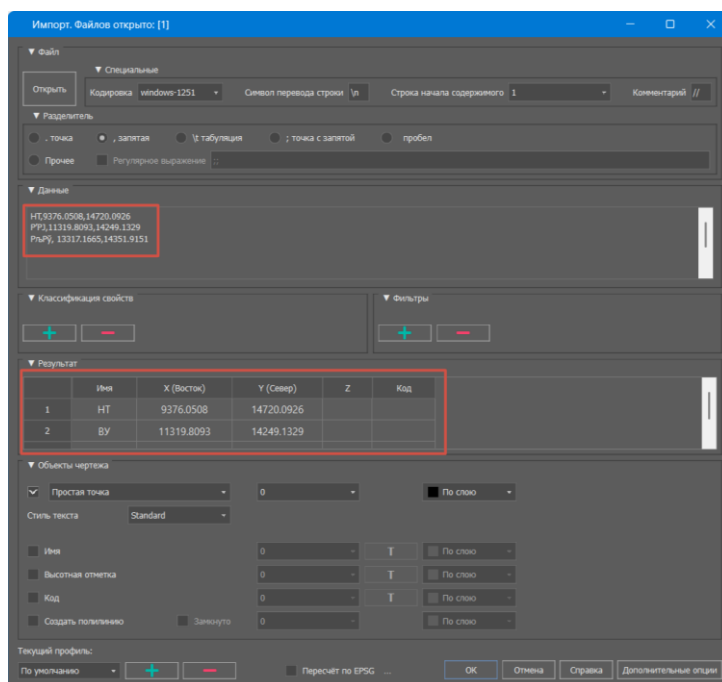


Рис. 1.15

Нажимаем «ОК» для того, чтобы программа автоматически построила точки по заданным координатам.

4. Аналогичные действия выполняем для вынесения точек реперов в рабочую зону программы.

5. Соединяем точки начала трассы, вершины угла поворота и конца трассы полилинией (рис.1.16):

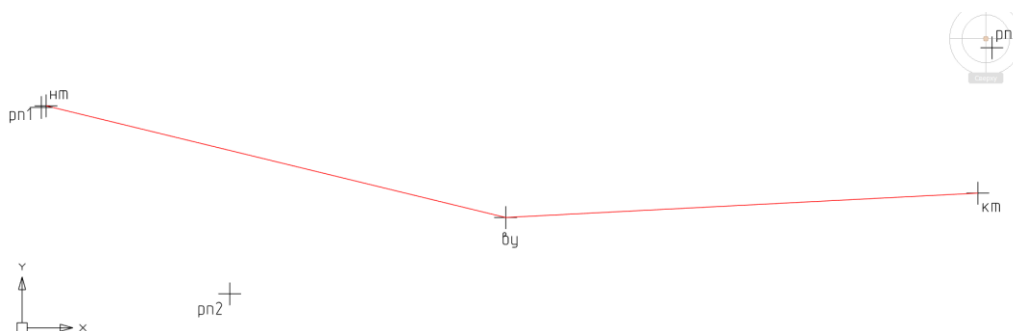


Рис. 1.6

6. Используя функцию «Разметка» наносим на нашу трассу точки через каждые 100 м (рис.1.17) и присваиваем каждой точке номер пикета (ПК1, ПК2 и т.д.):

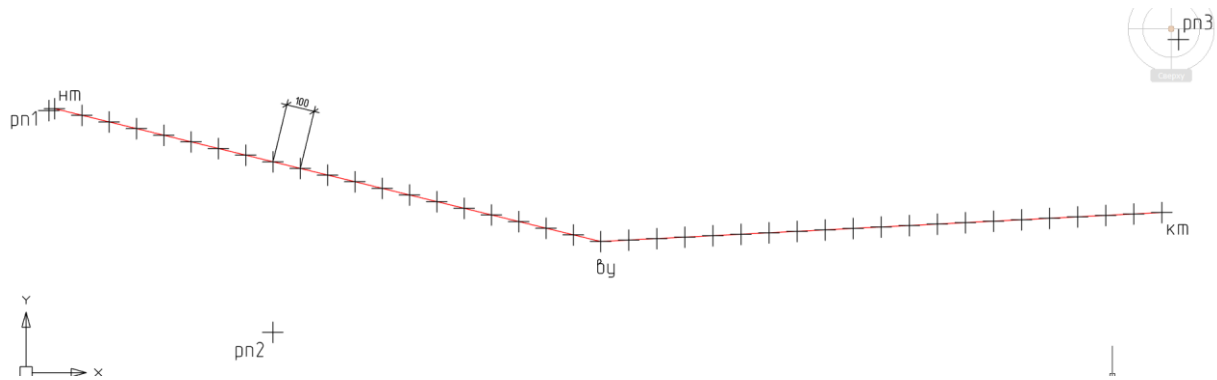


Рис. 1.17

7. Указываем внешний угол получившегося угла поворота (рис.1.18). Угол будет равен 17° :

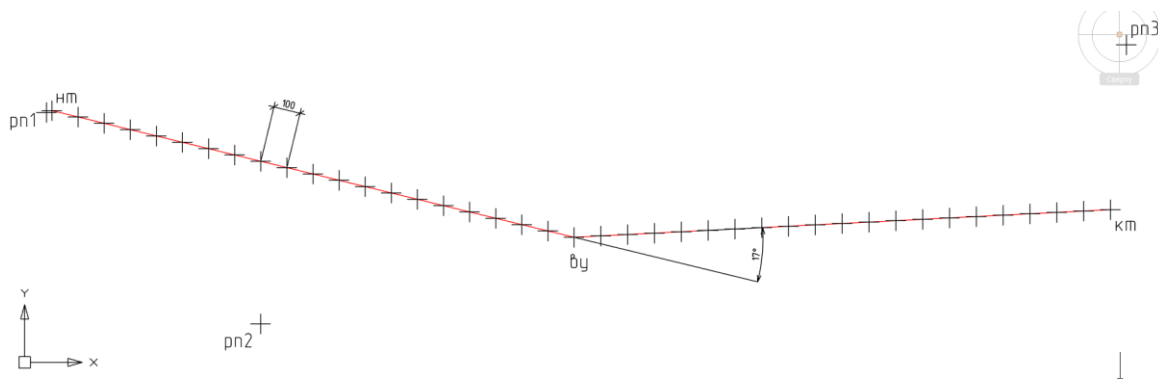


Рис. 1.18

8. Теперь необходимо вписать круговую кривую $R=2500$, для этого используем таблицы Митина [8] (стр. 114), отсюда берем параметры, указанные для $R=1$ и умножаем их на радиус нашей кривой (рис. 1.19). Полученные результаты заносим в таблицу 2.

$R = 1$

α	T	K	Д	В	$t_1 - t_2$
17°	0,14	0;29	0,00	0,01	
00'	945	671	220	111	

Рис. 1.19

Таблица 2

α	R	T	K	Д	Б
17°	2500	$0,14945 \times 2500$ =373,625	$0,29671 \times 2500$ =741,775	$0,00220$ $\times 2500$ =5.5	$0,01111 \times 2500$ =27.775

9. Выполняем расчёт точек начала, середины и конца круговой кривой, для этого используем следующие формулы, пикет ВУП принимаем как ПК 20+00:

Пикет начала кривой:

$$\begin{aligned} \text{пк НК} &= \text{пк ВУП} - T \\ \text{пк НК} &= 20+00 - 03+74 = \text{ПК } 16+26 \end{aligned}$$

Пикет середины кривой:

$$\begin{aligned} \text{пк СК} &= \text{пк НК} + K/2 \\ \text{пк СК} &= \text{пк } 16+26 + 741,775/2 = \text{ПК } 19+97 \end{aligned}$$

Пикет конца кривой:

$$\begin{aligned} \text{пк КК} &= \text{пк НК} + K \\ \text{пк КК} &= \text{ПК } 16+26 + (07+42) = \text{ПК } 23+68 \end{aligned}$$

10. После вычислений наносим на трассу круговую кривую в соответствие с полученными данными и схемой элементов круговой кривой (рис.1.20-1.21):

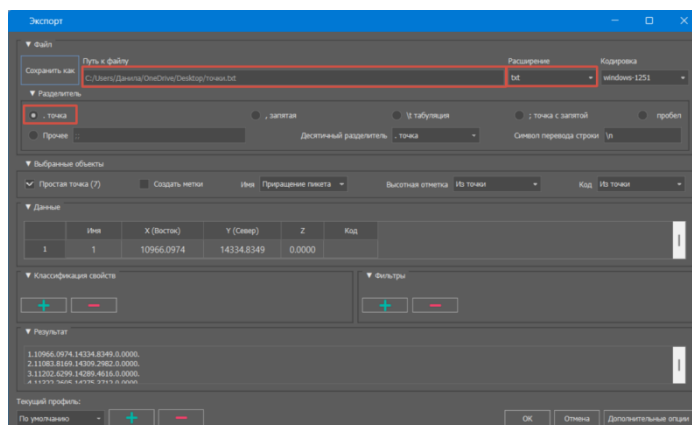


Рис. 1.23

Варианты заданий к практической работе № 1

Таблица 3

R=1500 м	
1	RP1,9355.8899,14813.4214 RP2,10152.8895,14027.2665 RP3,13376.3805,15064.9430 HT,9376.0508,14820.0926 BU,11319.8093,14349.1329 KT,13317.1665,14451.9151
2	RP1,9355.8899,14663.4214 RP2,10152.8895,13877.2665 RP3,13376.3805,14914.9430 HT,9376.0508,14670.0926 BU,11319.8093,14199.1329 KT,13317.1665,14301.9151
3	RP1,9355.8899,14913.4214 RP2,10152.8895,14127.2665 RP3,13376.3805,15164.9430 HT,9376.0508,14920.0926 BU,11319.8093,14449.1329 KT,13317.1665,14551.9151
4	RP1,9355.8899,14613.4214 RP2,10152.8895,13827.2665 RP3,13376.3805,14864.9430 HT,9376.0508,14620.0926 BU,11319.8093,14149.1329 KT,13317.1665,14251.9151
5	RP1,9355.8899,14788.4214

	RP2,10152.8895,13852.2665 RP3,13376.3805,15039.9430 HT,9376.0508,14795.0926 BY,11319.8093,14324.1329 KT,13317.1665,14426.9151
6	RP1,9355.8899,14863.4214 RP2,10152.8895,14077.2665 RP3,13376.3805,15114.9430 HT,9376.0508,14870.0926 BY,11319.8093,14499.1329 KT,13317.1665,14501.9151
7	RP1,9355.8899,14638.4214 RP2,10152.8895,13852.2665 RP3,13376.3805,14889.9430 HT,9376.0508,14645.0926 BY,11319.8093,14174.1329 KT,13317.1665,14276.9151
8	RP1,9355.8899,14963.4214 RP2,10152.8895,14177.2665 RP3,13376.3805,15214.9430 HT,9376.0508,14970.0926 BY,11319.8093,14599.1329 KT,13317.1665,14651.9151
9	RP1,9355.8899,14588.4214 RP2,10152.8895,13802.2665 RP3,13376.3805,14839.9430 HT,9376.0508,14595.0926 BY,11319.8093,14124.1329 KT,13317.1665,14226.9151
R=2000 m	
10	RP1,9355.8899,15013.4214 RP2,10152.8895,14227.2665 RP3,13376.3805,15264.9430 HT,9376.0508,15020.0926 BY,11319.8093,14649.1329 KT,13317.1665,14651.9151
11	RP1,9355.8899,14538.4214 RP2,10152.8895,13752.2665 RP3,13376.3805,14789.9430 HT,9376.0508,14545.0926 BY,11319.8093,14074.1329 KT,13317.1665,14176.9151
12	RP1,9355.8899,14763.4214

	RP2,10152.8895,13877.2665 RP3,13376.3805,15014.9430 HT,9376.0508,14770.0926 BY,11319.8093,14199.1329 KT,13317.1665,14301.9151
13	RP1,9355.8899,14763.4214 RP2,10152.8895,13877.2665 RP3,13376.3805,15014.9430 HT,9376.0508,14770.0926 BY,11319.8093,14199.1329 KT,13317.1665,14301.9151
14	RP1,9355.8899,14788.4214 RP2,10152.8895,13902.2665 RP3,13376.3805,15039.9430 HT,9376.0508,14795.0926 BY,11319.8093,14324.1329 KT,13317.1665,14426.9151
15	RP1,9355.8899,14513.4214 RP2,10152.8895,13727.2665 RP3,13376.3805,14764.9430 HT,9376.0508,14520.0926 BY,11319.8093,14049.1329 KT,13317.1665,14151.9151
R=2500 m	
16	RP1,9355.8899,14513.4214 RP2,10152.8895,13727.2665 RP3,13376.3805,14764.9430 HT,9376.0508,14520.0926 BY,11319.8093,14049.1329 KT,13317.1665,14151.9151
17	RP1,9355.8899,14838.4214 RP2,10152.8895,14052.2665 RP3,13376.3805,15089.9430 HT,9376.0508,14845.0926 BY,11319.8093,14374.1329 KT,13317.1665,14476.9151
18	RP1,9355.8899,14463.4214 RP2,10152.8895,13677.2665 RP3,13376.3805,14714.9430 HT,9376.0508,14470.0926 BY,11319.8093,13999.1329 KT,13317.1665,14101.9151
19	RP1,9355.8899,15063.4214 RP2,10152.8895,14277.2665

	RP3,13376.3805,15314.9430 HT,9376.0508,15070.0926 BY,11319.8093,14699.1329 KT,13317.1665,14701.9151
20	RP1,9355.8899,14413.4214 RP2,10152.8895,13627.2665 RP3,13376.3805,14664.9430 HT,9376.0508,14420.0926 BY,11319.8093,13949.1329 KT,13317.1665,14051.9151
21	RP1,9355.8899,14813.4214 RP2,10152.8895,13827.2665 RP3,13376.3805,15064.9430 HT,9376.0508,14870.0926 BY,11319.8093,14349.1329 KT,13317.1665,14451.9151
22	RP1,9355.8899,15113.4214 RP2,10152.8895,14327.2665 RP3,13376.3805,15364.9430 HT,9376.0508,15120.0926 BY,11319.8093,14749.1329 KT,13317.1665,14801.9151
23	RP1,9355.8899,14363.4214 RP2,10152.8895,13577.2665 RP3,13376.3805,14614.9430 HT,9376.0508,14370.0926 BY,11319.8093,13899.1329 KT,13317.1665,14001.9151
24	RP1,9355.8899,15163.4214 RP2,10152.8895,14377.2665 RP3,13376.3805,15414.9430 HT,9376.0508,15170.0926 BY,11319.8093,14799.1329 KT,13317.1665,14851.9151
25	RP1,9355.8899,14313.4214 RP2,10152.8895,13527.2665 RP3,13376.3805,14564.9430 HT,9376.0508,14320.0926 BY,11319.8093,13849.1329 KT,13317.1665,13951.9151
R=3000 m	
26	RP1,9355.8899,14863.4214 RP2,10152.8895,13777.2665

	RP3,13376.3805,15114.9430 HT,9376.0508,14870.0926 BY,11319.8093,14299.1329 KT,13317.1665,14501.9151
27	RP1,9355.8899,15213.4214 RP2,10152.8895,14427.2665 RP3,13376.3805,15464.9430 HT,9376.0508,15220.0926 BY,11319.8093,14849.1329 KT,13317.1665,14901.9151
28	RP1,9355.8899,14263.4214 RP2,10152.8895,13477.2665 RP3,13376.3805,14514.9430 HT,9376.0508,14270.0926 BY,11319.8093,13799.1329 KT,13317.1665,13901.9151
29	RP1,9355.8899,14913.4214 RP2,10152.8895,13627.2665 RP3,13376.3805,15264.9430 HT,9376.0508,14920.0926 BY,11319.8093,14149.1329 KT,13317.1665,14651.9151
30	RP1,9355.8899,14463.4214 RP2,10152.8895,14177.2665 RP3,13376.3805,14464.9430 HT,9376.0508,14970.0926 BY,11319.8093,13999.1329 KT,13317.1665,14601.9151

Контрольные вопросы к теме

1. Из каких основных элементов состоит автомобильная дорога и какие функции они выполняют?
2. Какое значение имеют автомобильные дороги для жизни страны?
3. Что такое дорожная сеть и как она формируется?
4. На основе чего должно осуществляться проектирование автомобильных дорог?
5. Какие конструктивные элементы входят в состав автомобильных дорог?

6. Какими нормативными документами регламентируются технические характеристики автомобильных дорог?
7. Что такое коэффициент развития дороги и как он определяется?
8. Что такое трасса дороги и почему она является пространственной линией?
9. Что такое план трассы и как он создается?
10. Как определяются углы поворота трассы и как они нумеруются?
11. Какие геометрические элементы закруглений различают при проектировании дорог?
12. Что такое домер и зачем он используется при измерении длины дороги?
13. Какие методы нанесения трассы автомобильной дороги существуют?
14. В чем заключается метод гибкой линейки (клотоидное трассирование)?
15. Каковы основные этапы традиционного метода трассирования?
16. Какие факторы учитываются при выборе положения трассы дороги?
17. Что такое пикет и каково его назначение?
18. Через какое расстояние устанавливаются пикеты?
19. Как нумеруются пикеты на трассе?
20. Какие требования предъявляются к установке пикетов?
21. В каких областях применяется пикетажная система?

Тема 2. РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ДОРОЖНОЙ ТРАССЫ

2.1. Разработка цифровой модели местности

Цифровая модель местности (ЦММ) представляет собой комплексное геопространственное отображение рельефа, высотных показателей и геологических характеристик территории. Современные технологии позволяют создавать детализированные трехмерные изображения земной поверхности, которые находят широкое применение в различных областях — от градостроительства до экологического мониторинга (рис. 2.1).

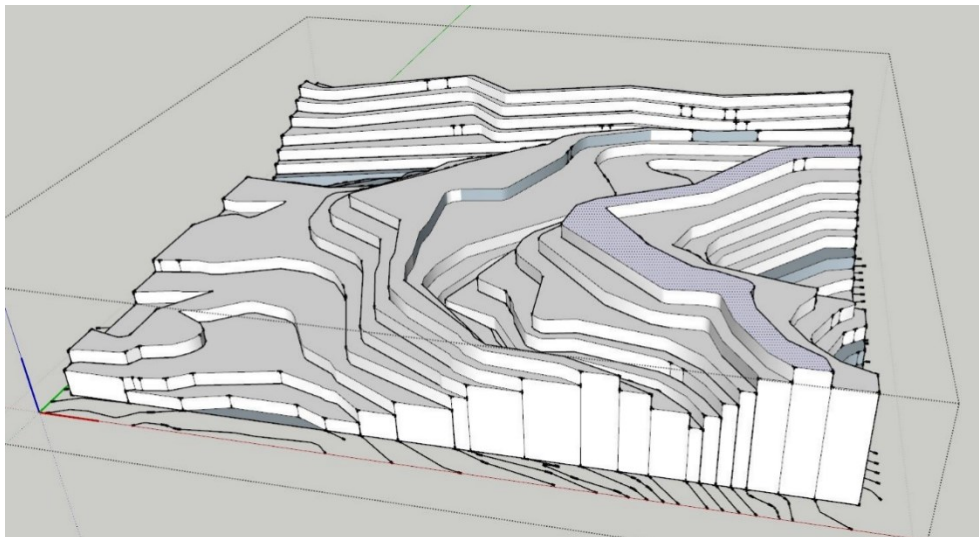


Рис. 2.1

Сбор данных осуществляется с помощью комплексного применения современных методов: топографической съемки для определения координат объектов, аэрофотосъемки с использованием БПЛА и самолетов, лазерного 3D-сканирования для получения высокоточных моделей и спутниковой геодезической съемки. Обработка информации включает фильтрацию и классификацию данных, построение цифровой модели рельефа (ЦМР) методом триангуляции, формирование геометрических объектов и верификацию модели путем сравнения с существующими картографическими материалами.

Основные сферы использования ЦММ охватывают градостроительство и архитектурное проектирование, инженерные изыскания и строительство, экологический мониторинг и охрану природы, землеустройство и кадастр, а также развитие транспортной инфраструктуры. Ключевые достоинства ЦММ заключаются в высокой точности геопространственной информации, возможности детального анализа рельефа, оперативном обновлении данных, эффективном планировании и принятии решений, а также снижении рисков при проектировании.

Технологическое совершенствование включает интеграцию искусственного интеллекта, применение методов машинного обучения, автоматизацию процессов обработки данных и развитие специализированного программного обеспечения. Комплексный подход к использованию ЦММ обеспечивает оптимизацию использования земельных ресурсов, повышение эффективности градостроительных решений, улучшение качества планирования инфраструктуры, своевременное выявление изменений ландшафта и прогнозирование последствий антропогенного воздействия.

В современных условиях цифровые модели местности становятся неотъемлемым инструментом для специалистов различных профилей, обеспечивая надежное основание для принятия обоснованных решений в области землепользования, строительства и охраны окружающей среды. Постоянное развитие технологий и методов обработки данных открывает новые перспективы для совершенствования ЦММ и расширения сфер их применения.

Особое значение приобретает возможность интеграции ЦММ с современными методологиями проектирования, такими как BIM (Building Information Modeling), что позволяет не только визуализировать природные особенности местности, но и учитывать их при создании архитектурных и инженерных решений. Развитие специализированного программного обеспечения, включая AutoCAD Civil 3D, Credo и Agisoft PhotoScan, обеспечивает высокую точность обработки данных и удобство работы с большими объемами информации.

Современные тенденции развития ЦММ также связаны с активным применением беспилотных летательных аппаратов, методов машинного обучения и искусственного интеллекта, что делает возмож-

ным автоматизацию многих рутинных процессов и повышение точности анализа. На сегодняшний день цифровые модели стали неотъемлемой частью инфраструктурных проектов, обеспечивая более эффективное планирование и управление территорией, что особенно важно в условиях растущих требований к качеству и скорости реализации строительных и инженерных проектов.

2.2. Установка программного комплекса «КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ»

Перед началом работы необходимо установить программу «КРЕДО Проектирование» — для этого перейдите на официальный сайт «КРЕДО ДИАЛОГ» (<https://credo-dialogue.ru>) и загрузите установочные файлы либо воспользуйтесь уже имеющимися установочными файлами. Далее для работы в программе потребуется скачать следующие компоненты: установочный файл «ТИМ ПРОЕКТИРОВАНИЕ» (рис. 2.2), «Центр управления КРЕДО» и «Менеджер защиты Эшелон» [1] (рис. 2.3)

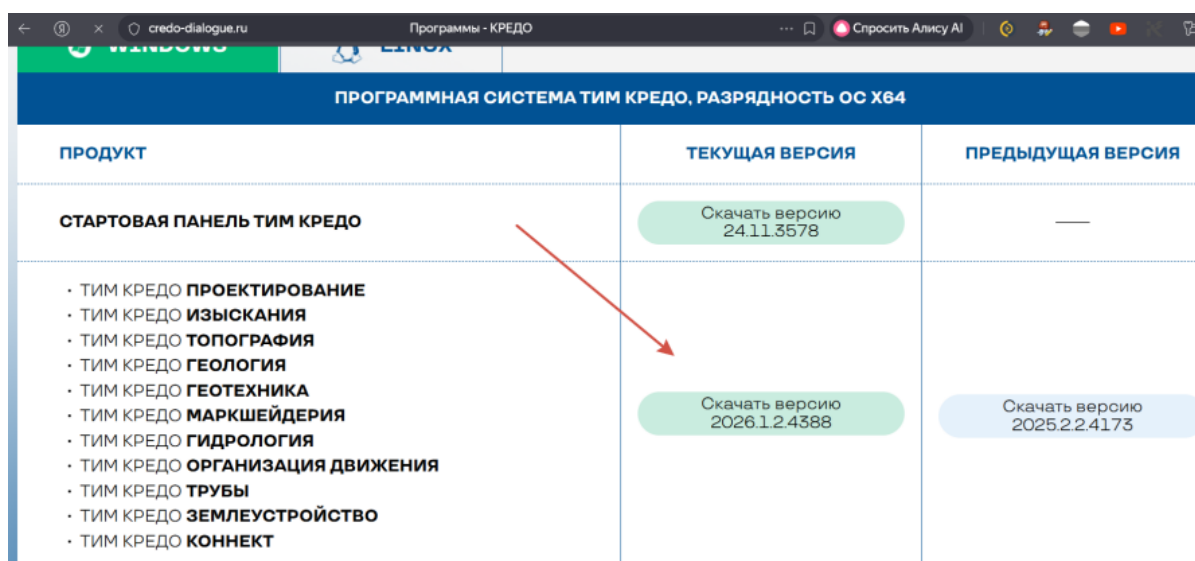


Рис. 2.2

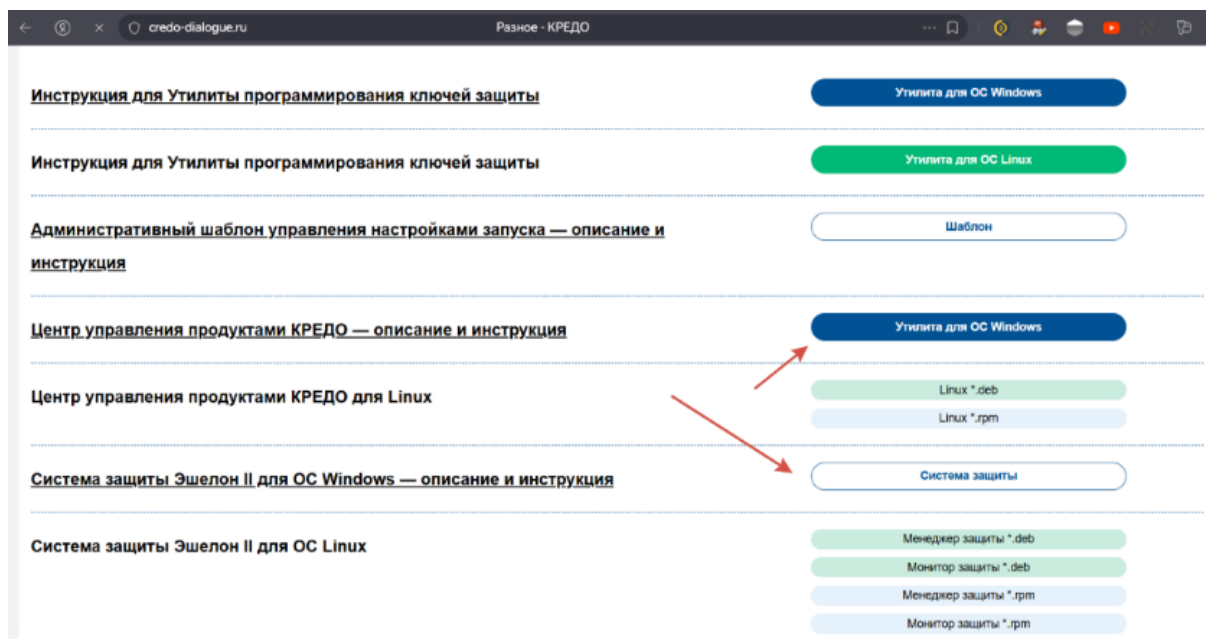


Рис. 2.3

После скачивания необходимых программ следует приступить к их установке. Важно учесть следующее: перед установкой «Менеджера защиты Эшелон» необходимо отключить изоляцию ядра в параметрах компьютера — для этого перейдите в раздел «Безопасность». Если не выполнить данное действие, это может привести к сбою операционной системы Windows (рис. 2.4).

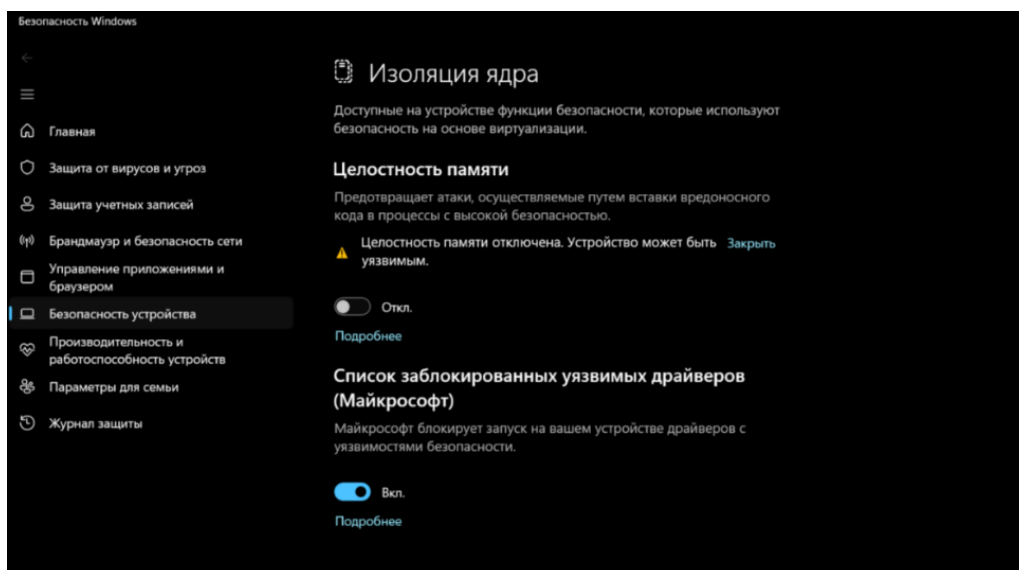


Рис. 2.4

После завершения установки программных продуктов приступаем к их активации: для этого откройте «Центр управления КРЕДО» (рис. 2.5).

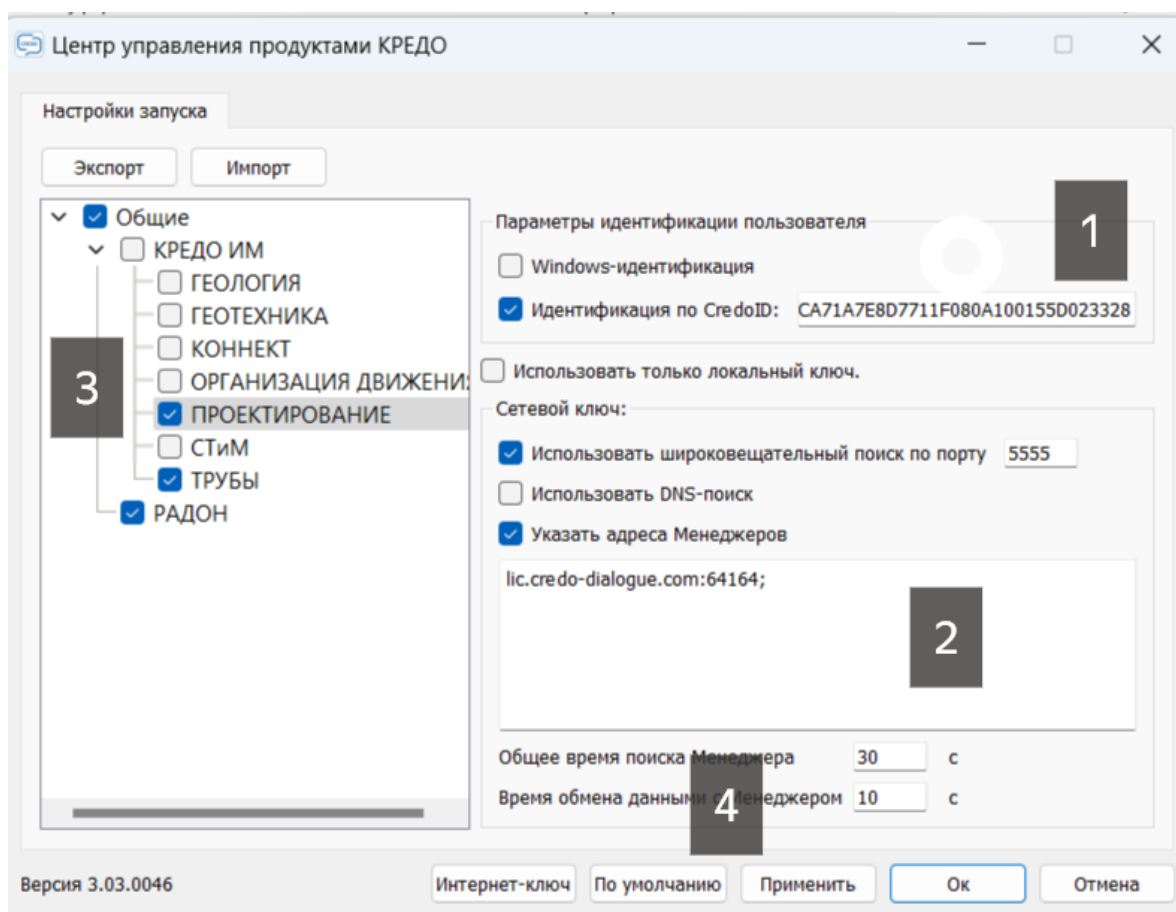


Рис. 2.5

Серийный номер для идентификации «КРЕДО» (см. рис. 2.5) предоставляется преподавателем либо — в случае самостоятельного заказа учебной версии — высылается по электронной почте от «КРЕДО ДИАЛОГ». Для активации лицензии необходимо установить отметку (галочку) рядом с индикатором, затем заполнить адрес менеджера согласно образцу на рис. 2.5 (пункт 2), убедиться, что выбранный продукт подсвечен и отмечен галочкой (см. рис. 2.5, пункт 3), после чего нажать «Применить» (рис. 2.5, пункт 4) и затем кнопку «ОК». После корректного выполнения всех действий при запуске программы «КРЕДО Проектирование» появится предложение создать новый шаб-

лон проекта (рис. 2.6), а если какие-либо шаги были выполнены неверно, программа выдаст ошибку (рис. 2.7). Важно также учесть, что для работы в программе требуется подключение к интернету.

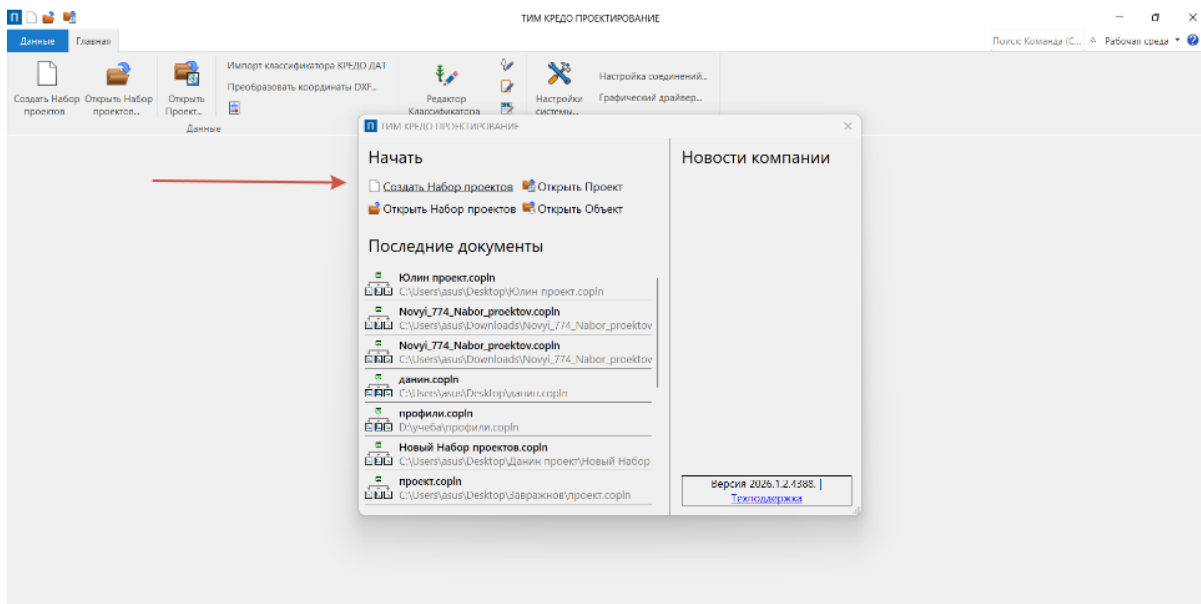


Рис. 2.6

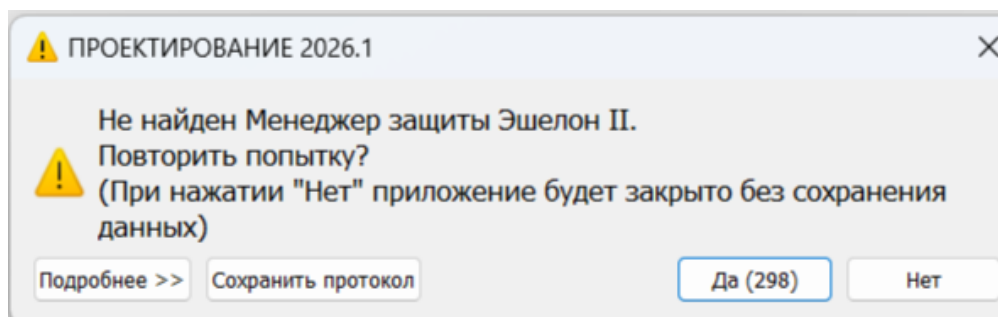


Рис. 2.7

Практическая работа № 2 ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ В «КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ»

Цель работы: освоить технологию построения цифровой модели местности (ЦММ) в программном комплексе «КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ», приобрести практические навыки работы с программным обеспечением для создания точных трёхмерных моделей рельефа, а

также научиться применять полученные знания при решении инженерных и проектных задач в области геодезии и строительства.

Ход работы: для создания ЦММ необходимо получить свой вариант задания от преподавателя. Для выполнения работы предоставляются учебные карты масштаба 1:50000, варианты определяются по километровой сетке. В качестве примера для выполнения задания выбран квадрат с координатами: $Y = 6748$, $X = 4487$. Далее следует открыть программу «КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ» и нажать «Создать набор проекта» (рис. 2.8).

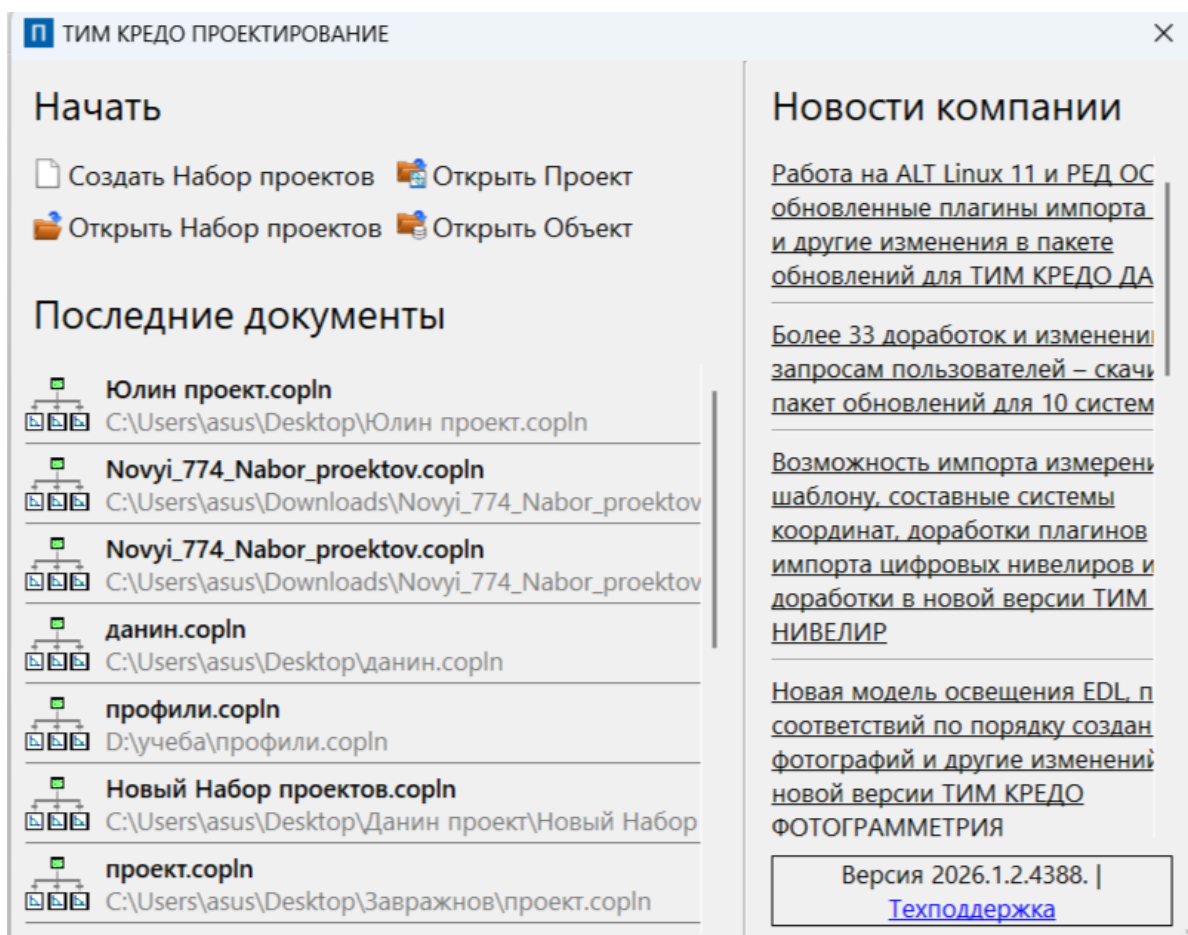


Рис. 2.8

Меняем масштаб внизу рабочей области на масштаб 1:50 000 (рис. 2.9)

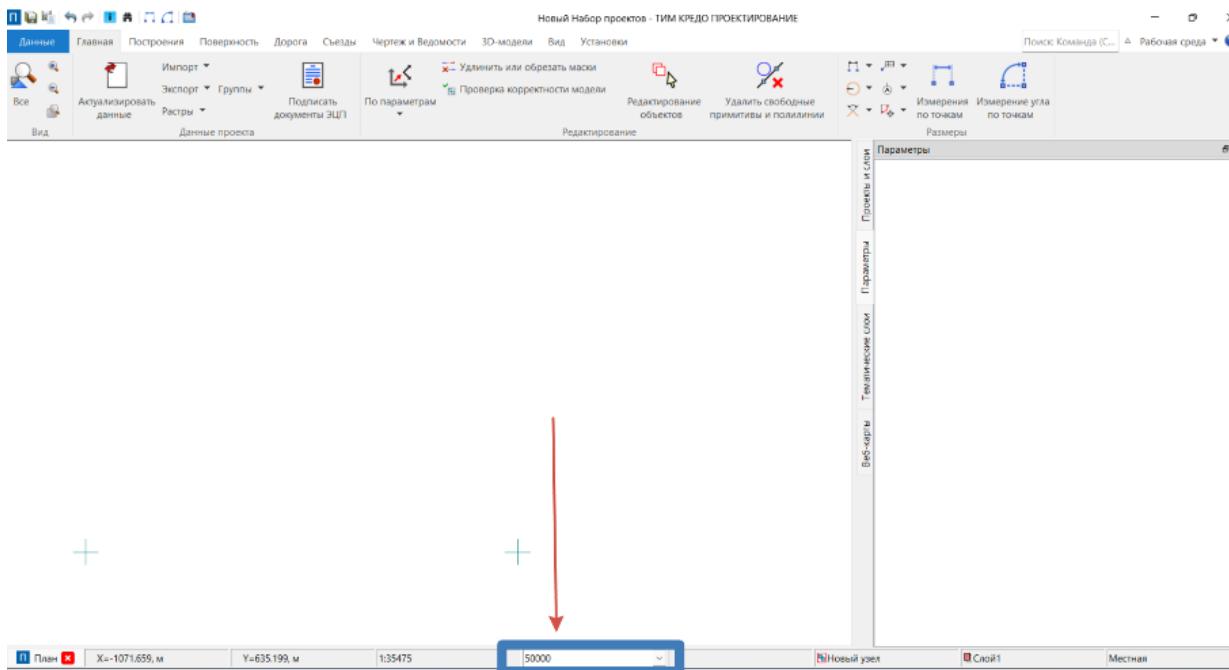


Рис. 2.9

Перейдите на вкладку «Главная», найдите и активируйте функцию «Загрузка растра» (см. рис. 2.10).

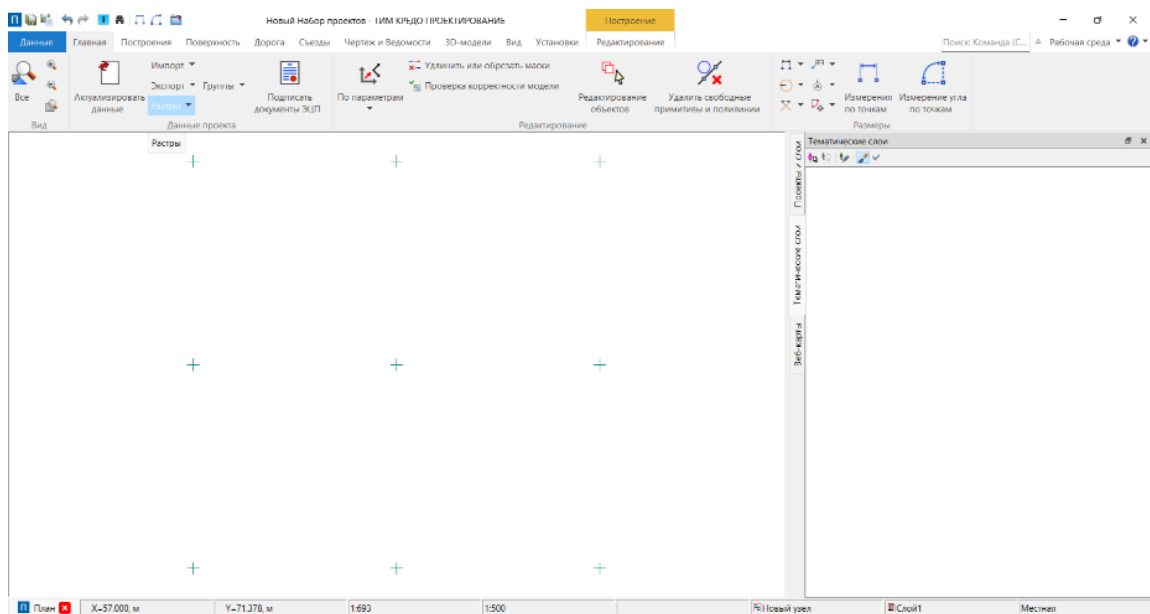


Рис. 2.10

В окне «Управление растровыми подложками» выберите пункт «Данные» → «Импорт подложки» и загрузите необходимую карту (см. рис. 2.10). Для удобства работы с растром создайте новый слой (рис. 2.11) и присвойте ему название «подложка».

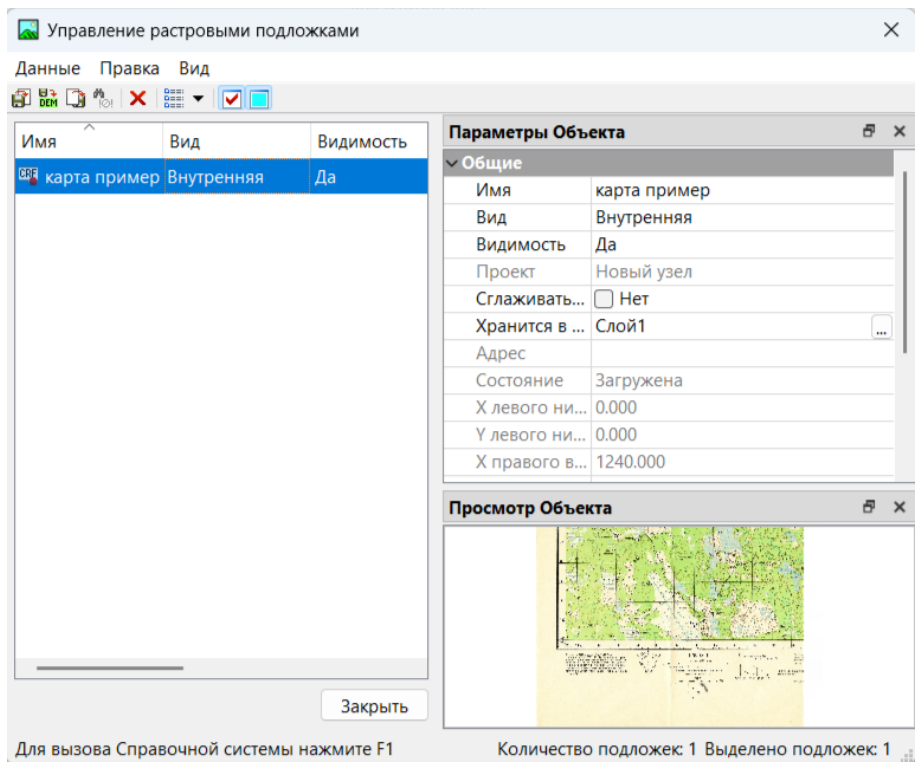


Рис. 2.11

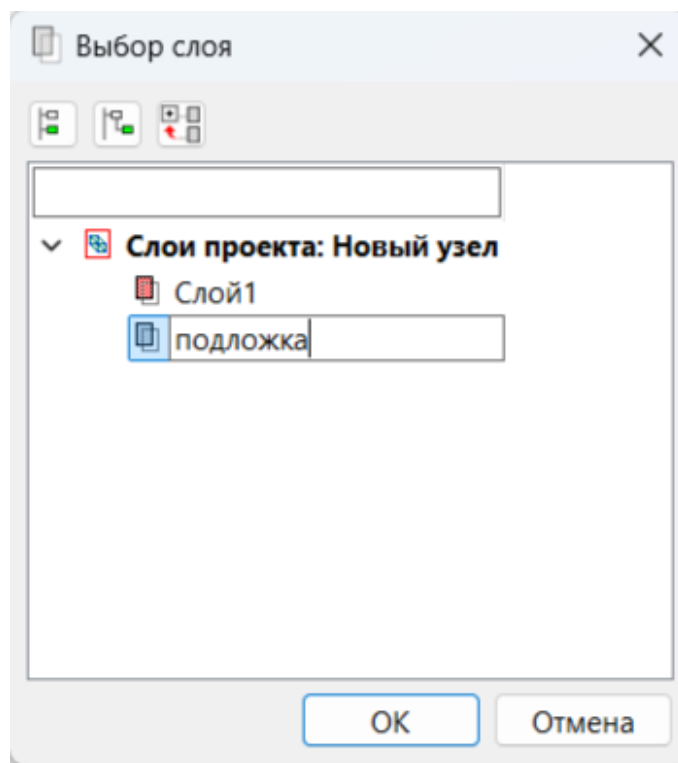


Рис. 2.12

Находим квадрат по заданию (рис. 2.13).

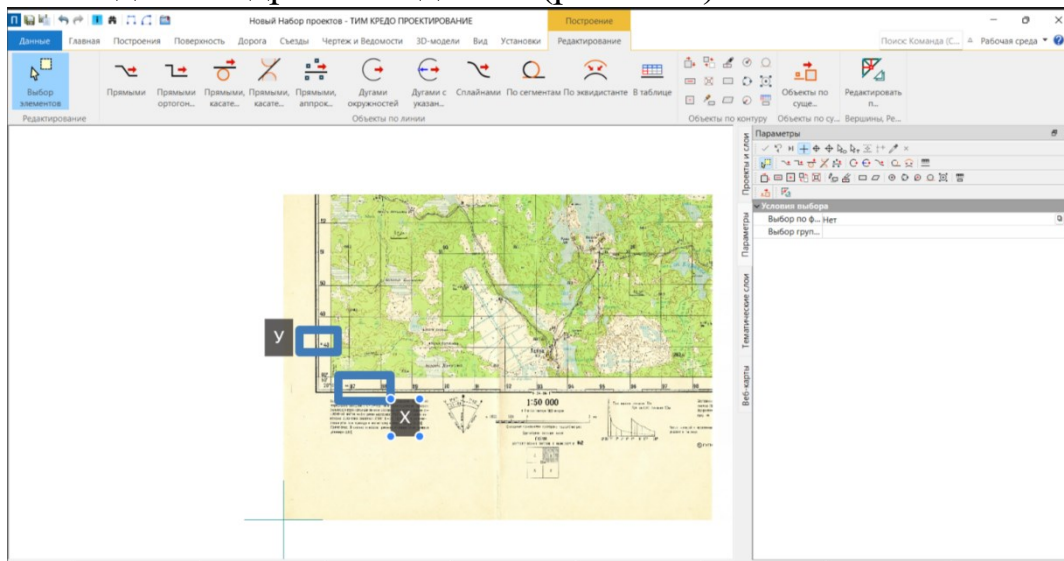



Рис. 2.13

Для удобства работы можно настроить прозрачность слоя. Для этого выберите курсор , затем нажмите левую кнопку мыши и обведите рамкой нужный растр — он подсветится красным (рис. 2.14).

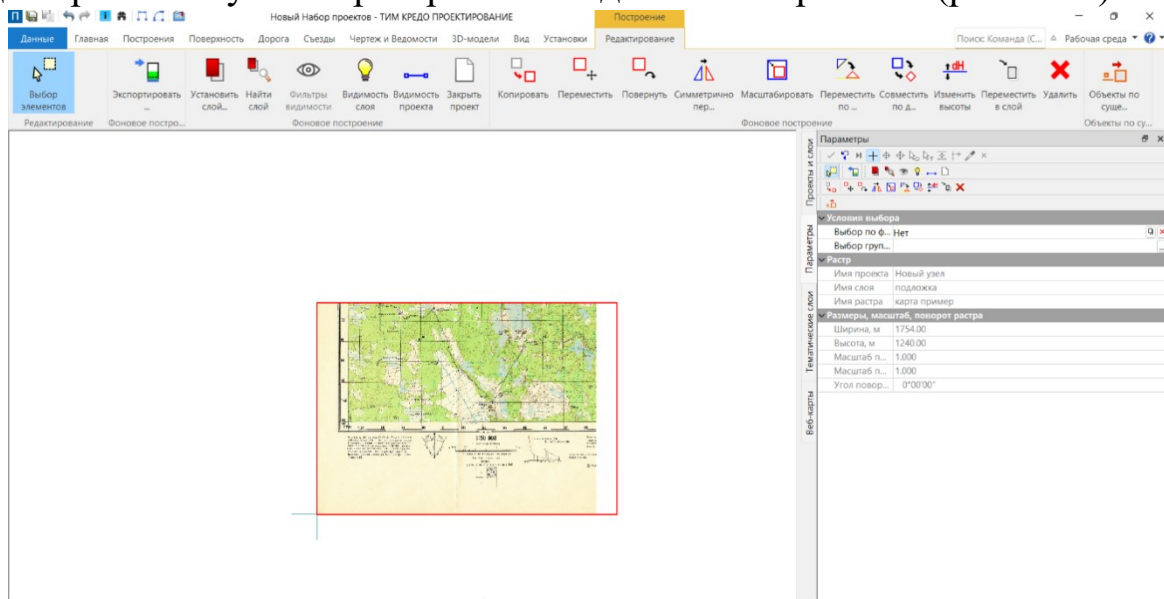


Рис. 2.14

Затем переходим в «Проекты и слои». Выбираем слой «Подложка» правой кнопкой мыши, выбираем «свойства слоя» (рис. 2.15).

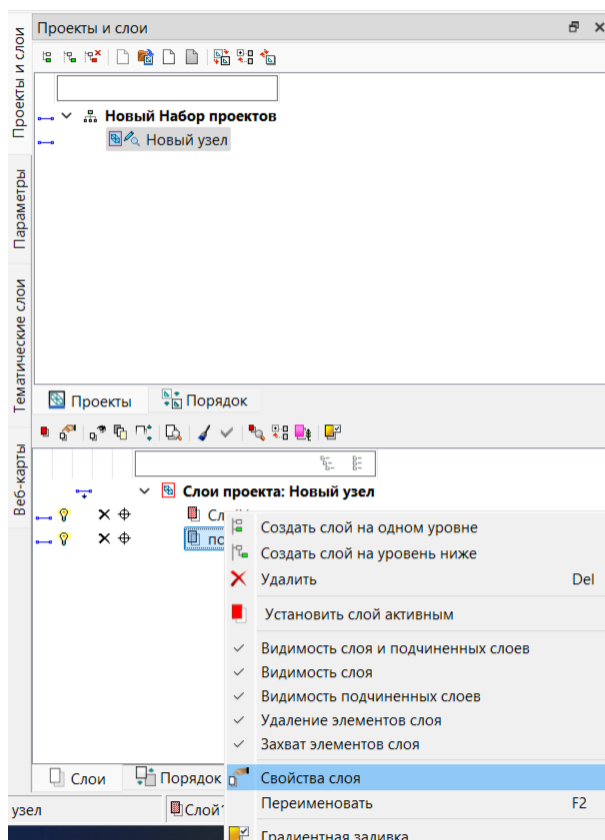


Рис. 2.15

Выставляем прозрачность слоя 50%. Нажимаем ОК (рис. 2.16)

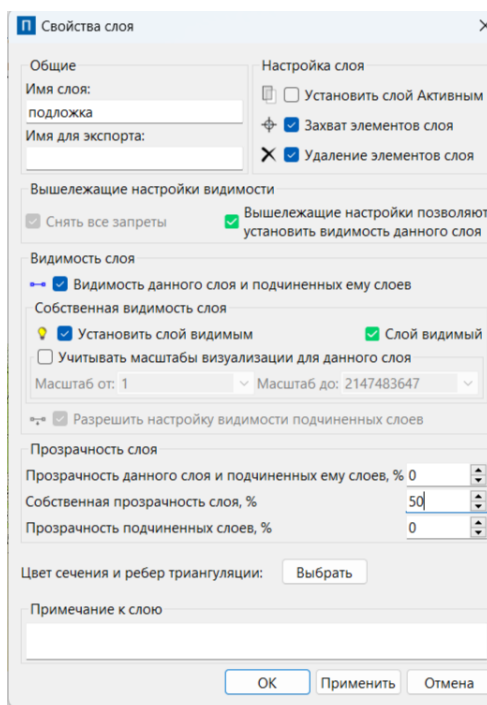


Рис. 2.16

Переходим в слой 1, затем на панели инструментов открываем вкладку «Поверхность», выбираем функцию «Структурная линия» и задаём способ построения — сплайном. Для удобства работы в параметрах настройки устанавливаем курсор в виде точки (рис. 2.17).

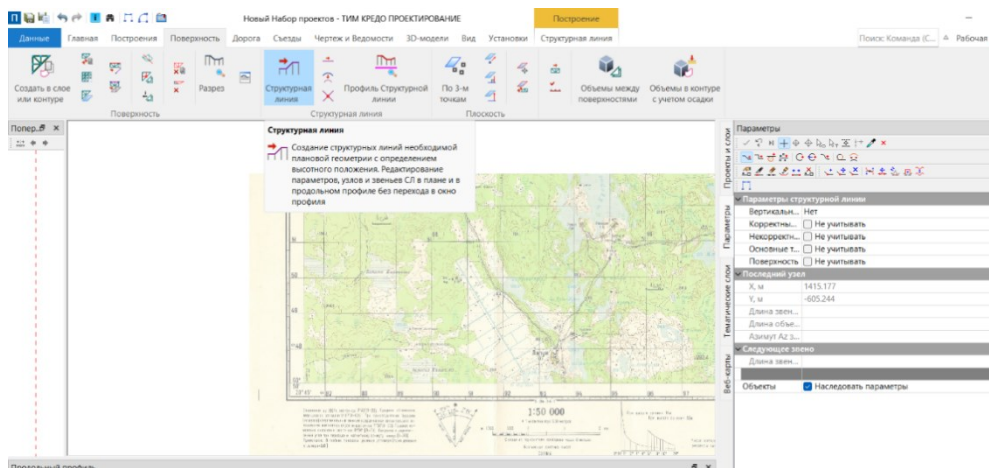


Рис. 2.17

Обводим горизонталь. Чтобы закончить метод построения, нажимаем в свойствах «последний элемент построения» (рис. 2.18).

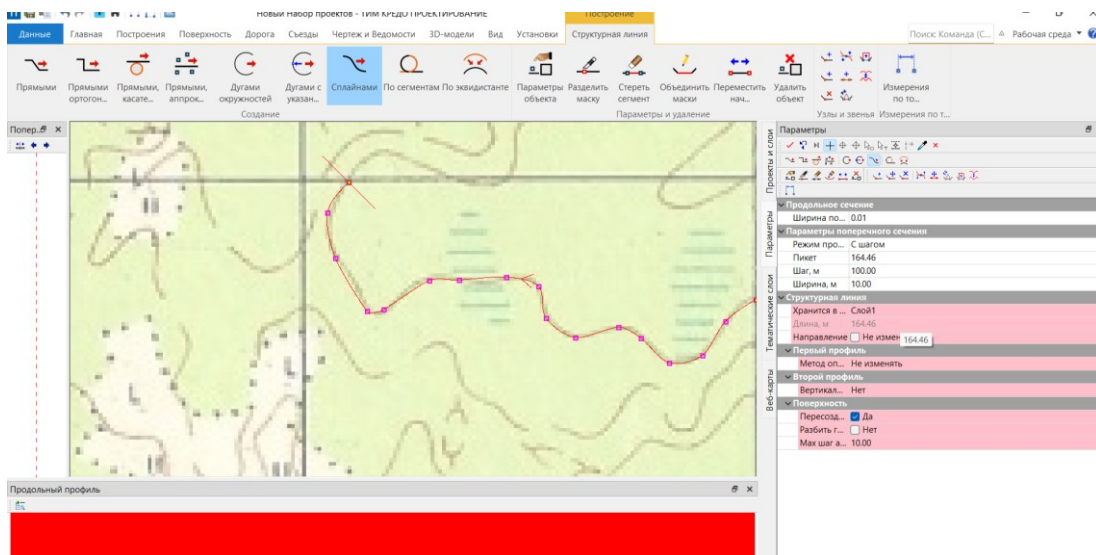


Рис. 2.18

Во вкладке «Первый профиль» в параметрах вводим высоту горизонтали 240 м, затем ставим галочку в пункте «Разбить группу треугольников», чтобы обеспечить последующую триангуляцию, после чего нажимаем на красную галочку (рис. 2.19).

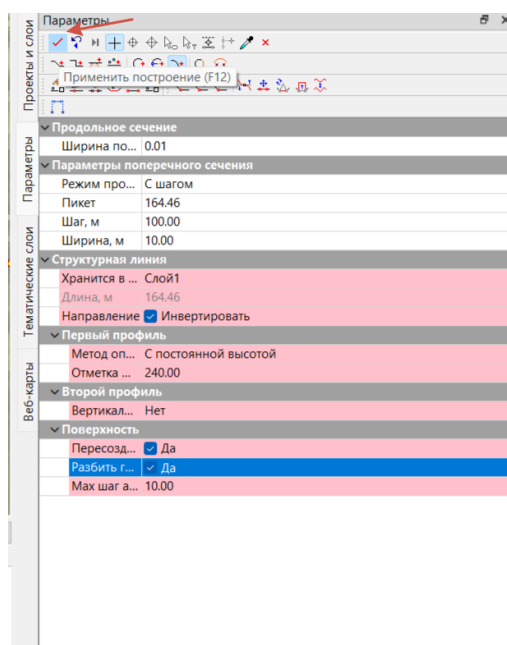


Рис. 2.19

Строим оставшиеся горизонтали, после чего для построения цифровой модели местности (ЦММ) переходим во вкладку «Поверхность», нажимаем на функцию «Создать в слое или контуре», создаём контур вокруг горизонталей и в параметрах нажимаем «Создать поверхность» (рис. 2.20).

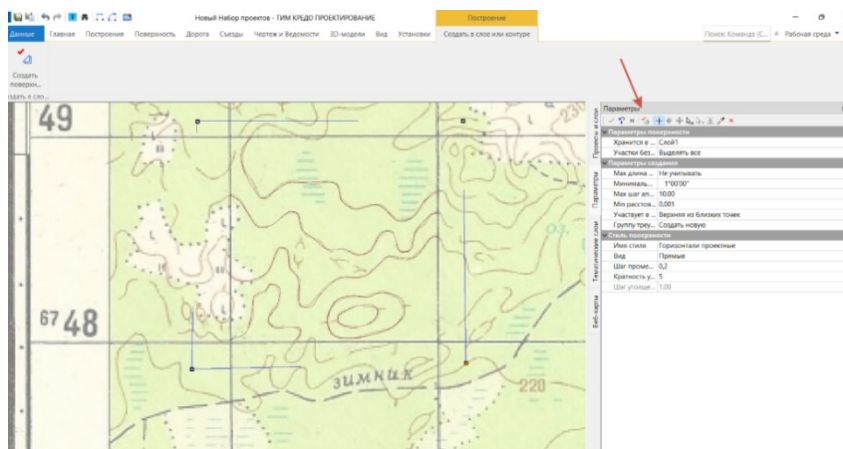


Рис. 2.20

Если выполнено все верно, построенная поверхность подсветится. Нажимаем на красную галочку (рис. 2.21)

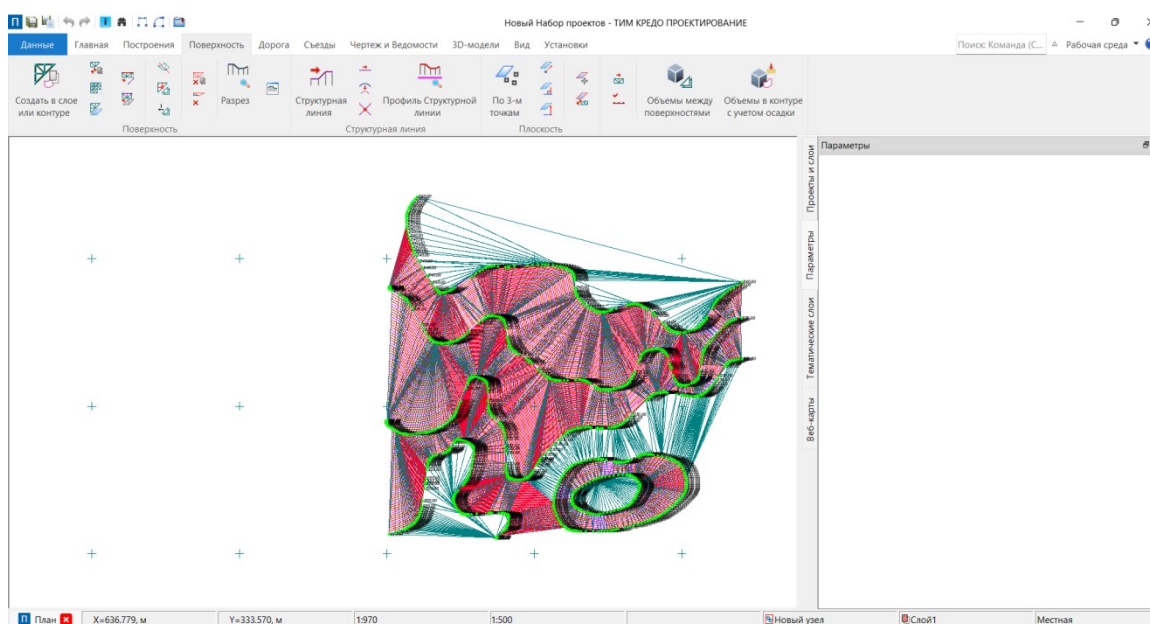


Рис. 2.21

Проверяем правильность построения при помощи функции «разрез». Проводим вдоль построенной поверхности. Нажимаем красную галочку (рис. 2.22).

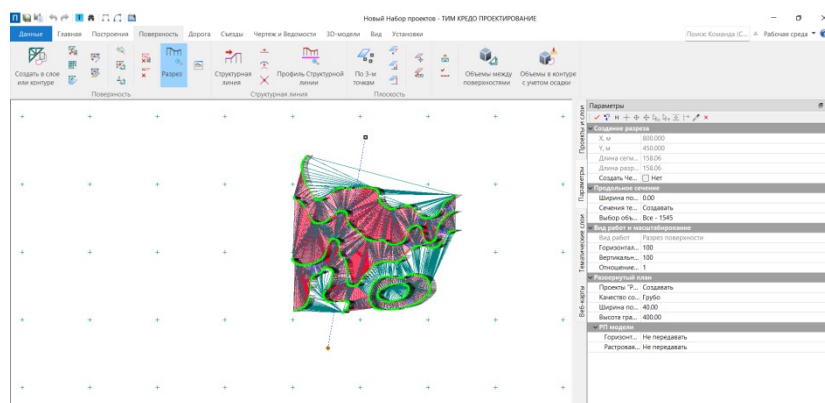


Рис. 2.22

Автоматически нас переносит на вкладку «Разрез», проверяем сплошность линии. Если ошибки не случилось, задача выполнена, закрываем вкладку «Разрез» и сохраняем наш проект (рис. 2.23).

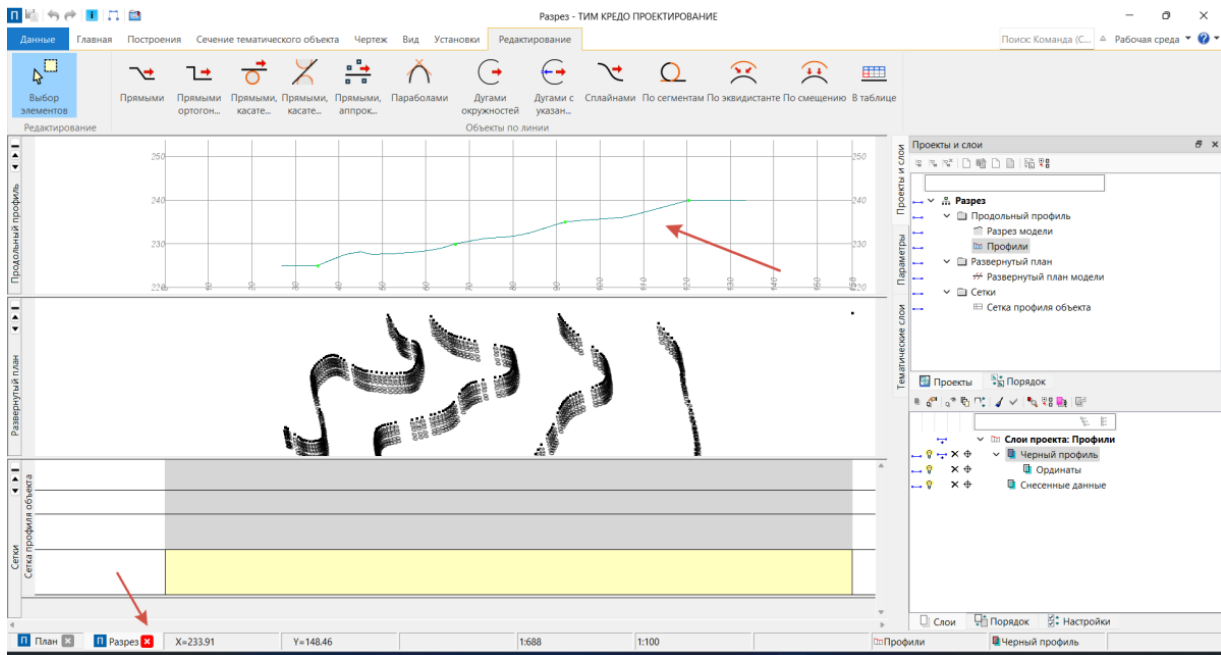


Рис. 2.23

Сохраняем проект через кнопку «Данные» в левом верхнем углу и закрываем программу (рис. 2.24).

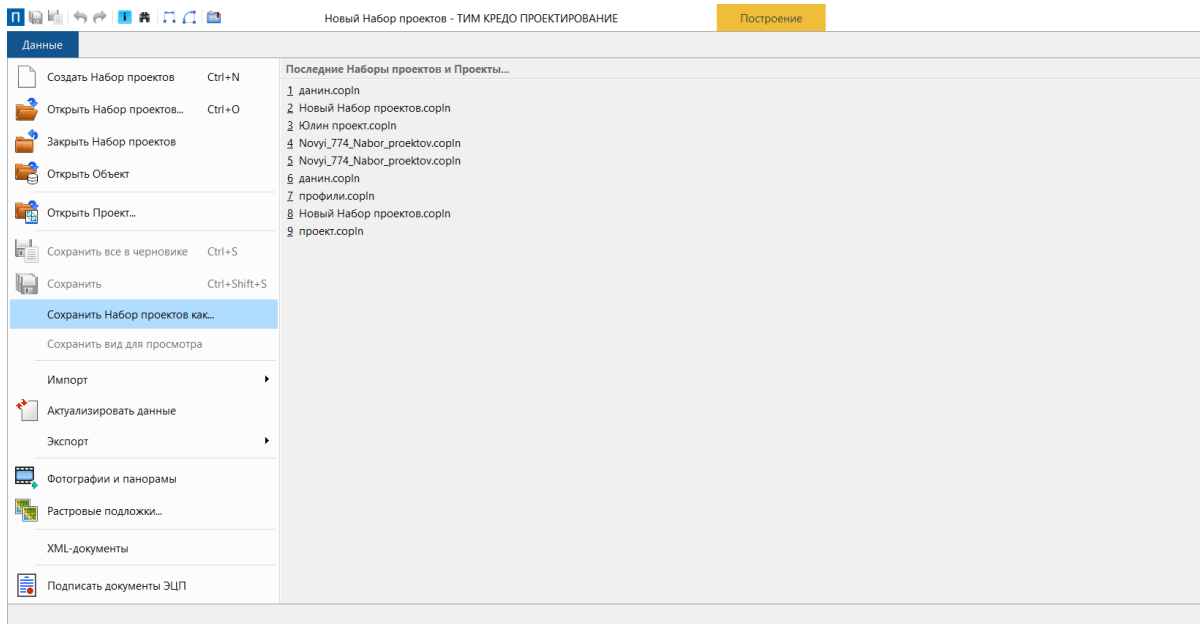


Рис. 2.24

Варианты заданий к практической работе № 2

Для выполнения задания необходимо выбрать соответствующий вариант из таблицы 4, руководствуясь списком группы. После этого следует определить свой квадрат на карте (рис. 2.25) - для этого используйте основные километры, обозначенные на километровой сетке.

Таблица 4

Номер группы	Вариант (координаты)
1	X 4310 Y 6064
2	X 4310 Y 6065
3	X 4310 Y 6066
4	X 4310 Y 6067
5	X 4310 Y 6068
6	X 4311 Y 6064
7	X 4311 Y 6065
8	X 4311 Y 6066
9	X 4311 Y 6067
10	X 4311 Y 6068
11	X 4312 Y 6064
12	X 4312 Y 6065
13	X 4312 Y 6066
14	X 4312 Y 6067
15	X 4312 Y 6068
16	X 4313 Y 6064
17	X 4313 Y 6065
18	X 4313 Y 6066
19	X 4313 Y 6067
20	X 4313 Y 6068
21	X 4314 Y 6064
22	X 4314 Y 6065
23	X 4314 Y 6066
24	X 4314 Y 6067
25	X 4314 Y 6068
26	X 4310 Y 6064
27	X 4310 Y 6065
28	X 4311 Y 6066
29	X 4312 Y 6067

2.3. Концепция цифровой модели дороги

В современных условиях развития технологий цифровая информация об элементах транспортной инфраструктуры приобретает значение не менее важное, чем материальные ресурсы отрасли. Для повышения эффективности управления дорожным хозяйством возникает острая необходимость перехода к цифровым методам организации работы. В рамках Стратегии цифровой трансформации транспортного сектора Российской Федерации до 2030 года, утверждённой распоряжением Правительства РФ от 21 декабря 2021 года № 3744-р, реализуется проект «Цифровые двойники объектов транспортной инфраструктуры», ключевой задачей которого является создание трёхмерных моделей транспортных объектов.

Цифровая модель автомобильных дорог служит основой для создания цифрового двойника этих дорог и формируется посредством объединения цифровой информации, получаемой на разных этапах жизненного цикла дорожного объекта. Этот стандарт определяет технические нормы, направленные на оптимизацию процессов сбора, обработки и повторного использования цифровых данных, что способствует эффективному решению разнообразных задач в сфере дорожного хозяйства (рис. 2.26).

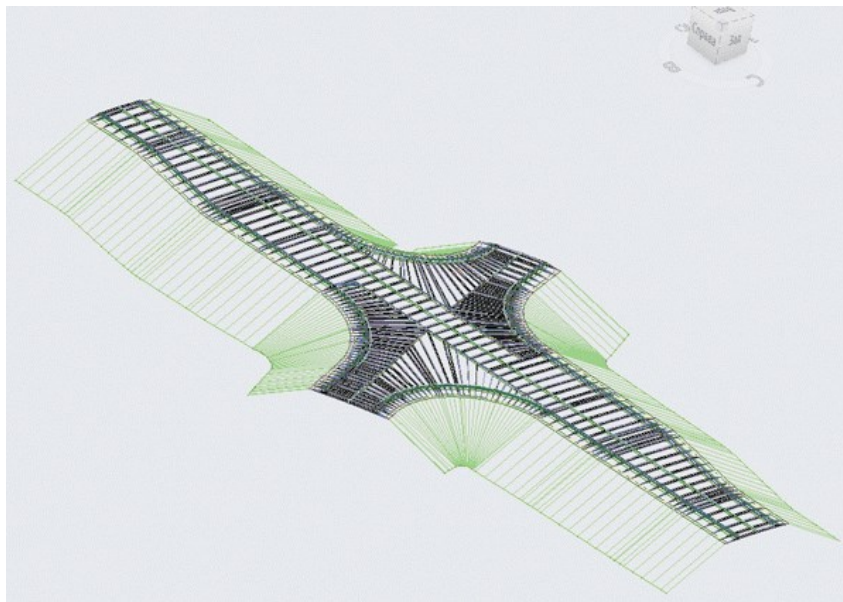


Рис. 2.26

Основная задача создания Центра Моделирования Данных (ЦМД) заключается в разработке единой цифровой платформы, которая объединяет и оптимизирует использование информации об автомобильных дорогах. В отличие от отдельных объектов капитального строительства, жизненный цикл ЦМД включает этапы планирования, возведения, эксплуатации и последующей интеграции, что обеспечивает его взаимодействие с другими системами. При этом, даже при выводе из эксплуатации какого-либо объекта инфраструктуры, сама система ЦМД продолжает функционировать, лишь адаптируя свою структуру под новые условия. Такая сетевая архитектура позволяет ЦМД оставаться устойчивой и гибкой в управлении цифровыми активами дорожной инфраструктуры.

В рамках системного подхода к ЦМД можно выделить несколько уровней моделирования. На сетевом уровне рассматривается дорожная инфраструктура, представленная в различных аспектах. Во-первых, это сложная структура, объединяющая пространство и автомобильные дороги с социально-экономическими и технико-социальными элементами. Во-вторых, эта сеть функционирует как часть интегрированной транспортной системы России, охватывая все виды транспортных связей внутри страны. Кроме того, в международном контексте рассматривается сеть транспортных коридоров, проходящих через территорию Российской Федерации, что формирует подсистему международных транспортных маршрутов.

Автомобильные дороги общего пользования на территории Российской Федерации рассматриваются как единая система. В рамках управления ими активы распределяются по различным уровням значимости: федеральному, региональному, межмуниципальному, местному и частному. С функциональной точки зрения, компоненты дорожно-транспортной инфраструктуры делятся на несколько категорий: собственно дороги и их составные части, мостовые сооружения, тоннели и другие инженерные конструкции, а также системы освещения, водоотведения и дренажа. Кроме того, в задачи управления входит контроль и распоряжение земельными участками, расположенными в пределах полосы отвода автомобильных дорог.

Конкретные элементы транспортной инфраструктуры, такие как отдельные участки дорог, мосты, тоннели и другие искусственные кон-

струкции, относятся к объектному уровню. Степени зрелости цифровых моделей дорог (ЦМД) отражают ключевые этапы внедрения цифровых технологий в управление дорожным хозяйством. Эти уровни демонстрируют основные особенности использования ЦМД для эффективного решения задач в сфере эксплуатации и обслуживания дорог, что подробно представлено в табл. 5.

Таблица 5

Уровень	Уровень цифровизации	Интеграция данных	Тип обмена	Обработка данных	Сценарии использования
I	Оцифровка объектов дорожной сети через лазерное сканирование и фотограмметрию. Сбор данных для проектирования	Низкий уровень интеграции и унификации. Отсутствие межсистемной интеграции	Документно-ориентированный, файловый	Классификация облачков точек, распознавание объектов	Паспортизация, диагностика, создание 3D-моделей, базовый слой данных
II	Оцифровка результатов строительства/реконструкции. Развертывание СОД	Возможность сопоставления и анализа данных из разных источников	Объектно-ориентированный	Аналитика с ИИ	Предиктивная аналитика, моделирование развития сети, прототипирование
III	Использование IoT-датчиков в реальном времени. Интегрированная среда управления	Семантическое связывание данных, высокий уровень повторного использования	Транзакционный обмен в единой системе	Самообучающиеся алгоритмы	Алгоритмическое управление спросом, цифровые двойники

Цифровая модель автомобильных дорог состоит из цифровых данных, формируемых на всех этапах жизненного цикла автомобильных дорог.

Основой наполнения ЦМД являются структурированные наборы данных, получаемые в результате проведения полевых работ, выполняемых мобильными лабораториями и включающие в себя:

– облака точек результатов лазерного сканирования в соответствии с проекта национального стандарта «Дороги автомобильные общего пользования. Лазерное сканирование. Методика выполнения измерений» (рис. 2.26);

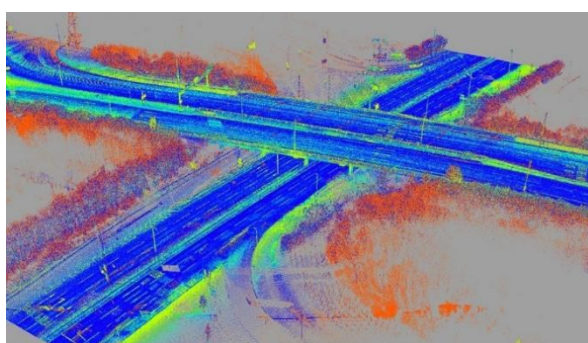


Рис. 2.26

- геопривязанные георадарные профили;
- геопривязанные фотоматериалы (панорамные снимки).

Требования к составу и цифровому представлению материалов и форматам данных для результатов лазерного сканирования установлены в проекте национального стандарта «Дороги автомобильные общего пользования. Лазерное сканирование. Требования к данным лазерного сканирования на различных этапах жизненного цикла автомобильной дороги».

Состав данных, передаваемых в ЦМД в виде информационных моделей объектов капитального строительства при выполнении работ по планированию развития сети автомобильных дорог, новому строительству, реконструкции и капитальному ремонту, следует принимать по таблице 6.

Цифровые данные, передаваемые в ЦМД, должны соответствовать требованиям по классификации атрибутов данных объектов дорожной деятельности, установленным настоящим стандартом, а также

содержать геопространственные данные, привязанные к графу автомобильных дорог либо сформированные в соответствии с требованиями проекта национального стандарта «Дороги автомобильные общего пользования. Состав, структура, требования к точности и уровням проработки элементов. Методы создания графа автомобильных дорог».

Таблица 6

Стадия/этап	Модель	Содержание модели	Исходная информация
Территориальное планирование	Модель А	Результаты вариантной проработки развития дорожной сети, планировочные решения по размещению дорог	Схема территориального планирования РФ, проект планировки территории
Инженерные изыскания	Модель Б	Данные инженерно-геодезических, геологических, гидрометеорологических, экологических и геотехнических изысканий	Модель А
Проектирование	Модель В	Архитектурные, технические и технологические проектные решения ОКС	Модель Б
Строительство	Модель С1	Данные для выполнения строительно-монтажных работ, проект производства работ	Модель В
Модель С2	Данные для строительного контроля и надзора, параметры объекта по результатам работ	Модели В и С1	

Эксплуатация (часть 1)	Модель D1	Параметры для выполнения работ по эксплуатации, регламенты и технологические карты	Модель С2
Паспортизация и диагностика	Модель E	Данные оценки транспортно-эксплуатационного состояния дорог	Модели А-С
Эксплуатация (часть 2)	Модель D2	Данные автоматизированной паспортизации и диагностики дорог	Модель E
Проектирование (повторное)	Модель B2	Обновленные проектные решения ОКС	Модель E
Капитальный ремонт	Модель С3	Данные для строительно-монтажных работ, проект производства работ	Модель B2
Модель С4	Данные для контроля и надзора, параметры объекта	Модель E	
Эксплуатация (часть 3)	Модель D3	Данные автоматизированной паспортизации и диагностики	Модель E

Практическая работа № 3 ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ДОРОГИ

Цель работы: изучить и отработать методику построения цифровой модели дороги в программном обеспечении «КРЕДО Проектирование». В ходе работы предстоит выполнить сбор и подготовку исходных данных, построение трассы, создание цифровой модели рельефа, формирование конструктивных элементов дороги и визуализацию итогового проекта.

Задание: необходимо с учётом рельефа запроектировать трассу заданной категории. Для примера примем 3-ю категорию и заданный ниже рельеф.

Ход работы: на основе полученных знаний по выполнению практической работы № 2 и индивидуального задания от преподавателя создаём новый проект, проводим горизонтали через структурные линии, создаём поверхность и проверяем правильность выполнения с помощью функции «Разрез» (рис. 2.27–2.28).

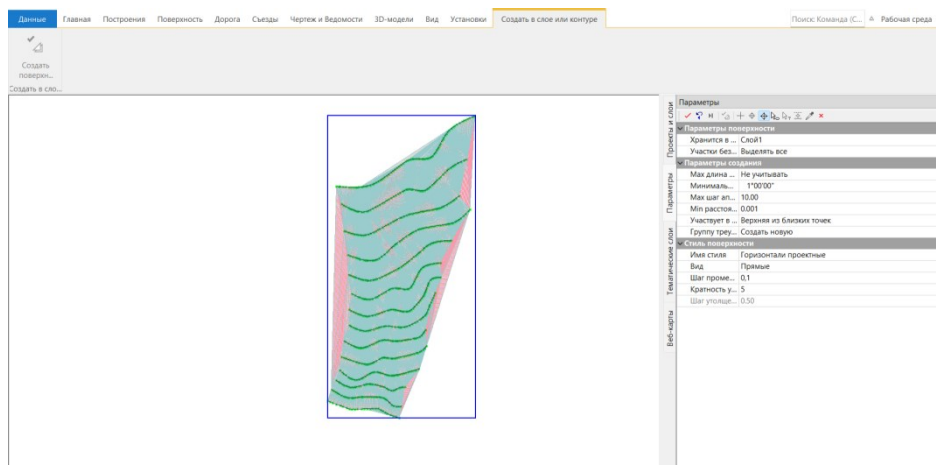


Рис. 2.27

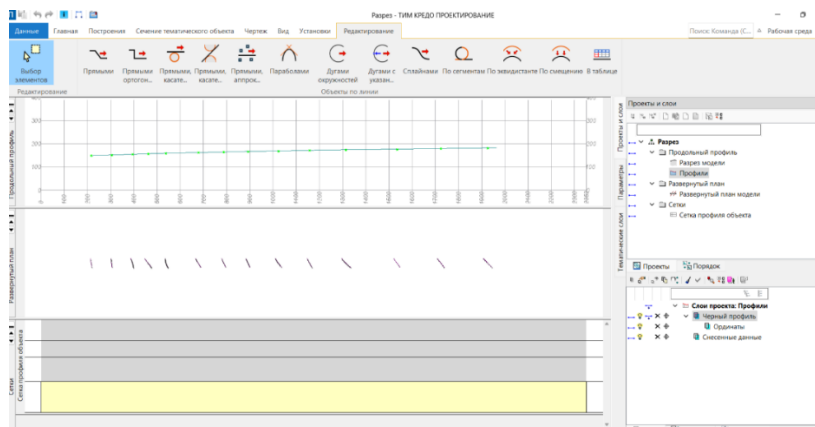


Рис. 2.28

Через вкладку «Дорога» выбираем функцию «Создать трассу АД» (рис 2.29)

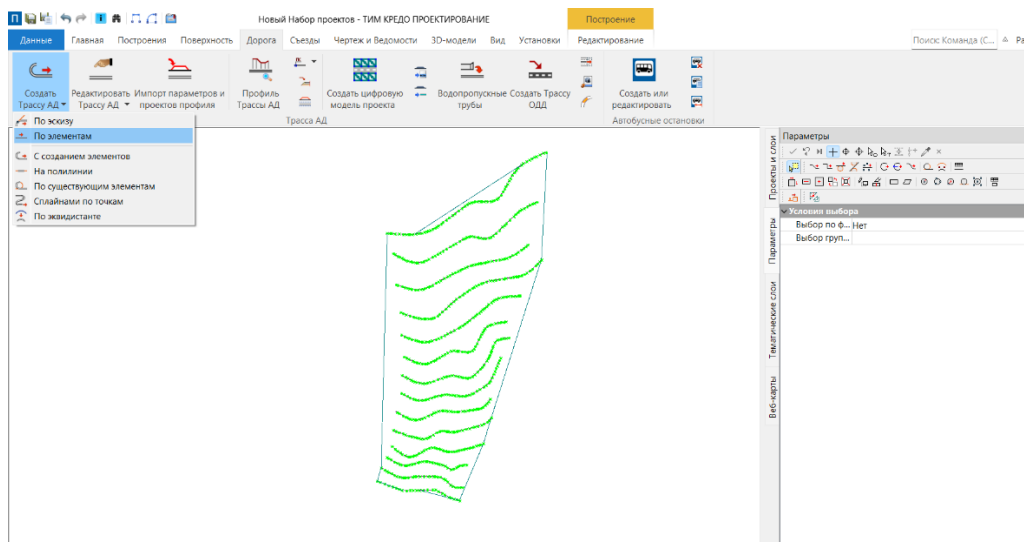


Рис. 2.29

После открытия окна необходимо активировать функцию «По элементам». Далее пользователю предлагается выбрать метод построения — доступны варианты с использованием прямых линий, сплайнов и т. д. Для упрощения задачи рекомендуется выбрать построение с помощью прямых линий. Выполните прокладку трассы, после чего подтвердите завершение операции кнопкой «Завершить метод построения» (рис. 2.30).

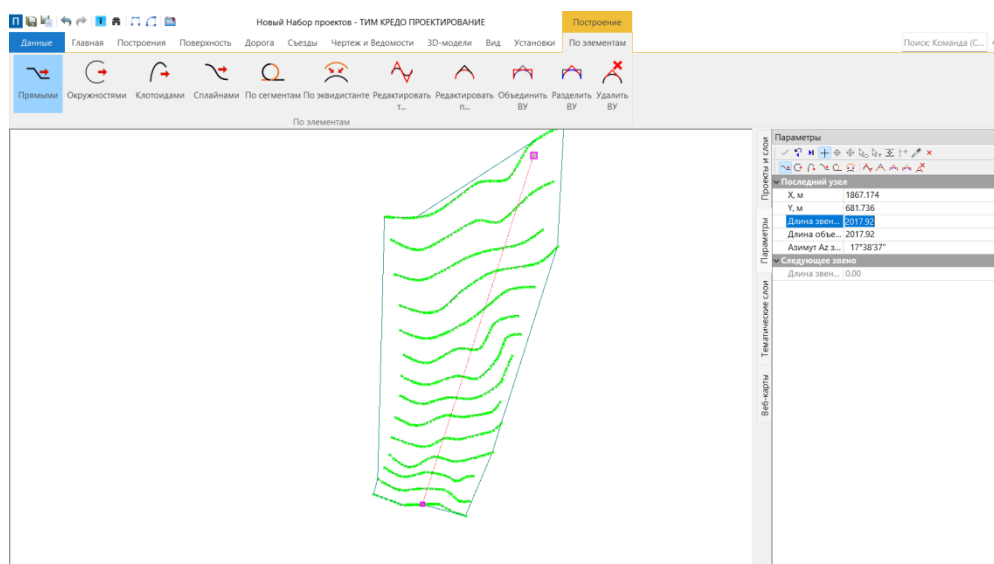


Рис. 2.30

При корректном выполнении действий в окне «Параметры» отобразятся основные параметры будущей автомобильной дороги. Начнём с раздела «Общее и управление отображением» (рис. 2.31).

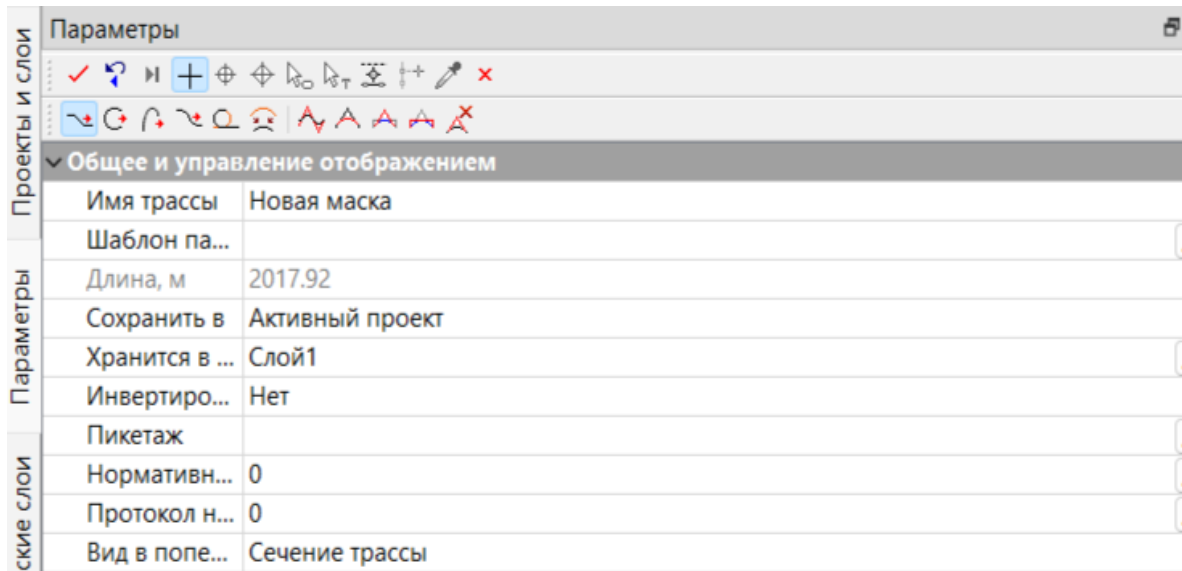


Рис. 2.31

В разделе «Шаблон» выбираем необходимую категорию (рис. 2.32)

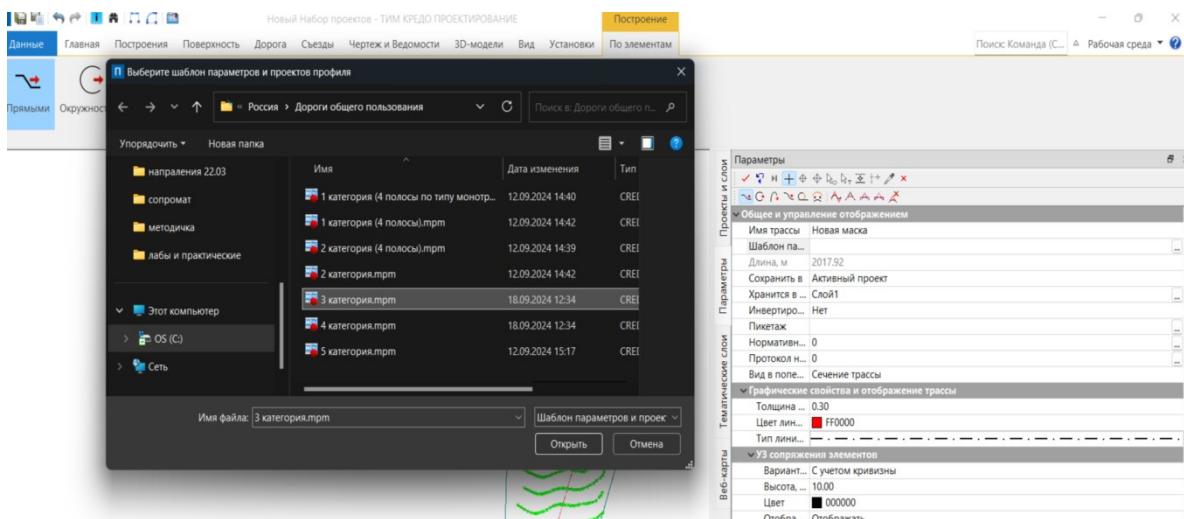


Рис. 2.32

Для удобства дальнейшего пользования советуем проект дороги сохранить в отдельном слое (рис. 2.33):

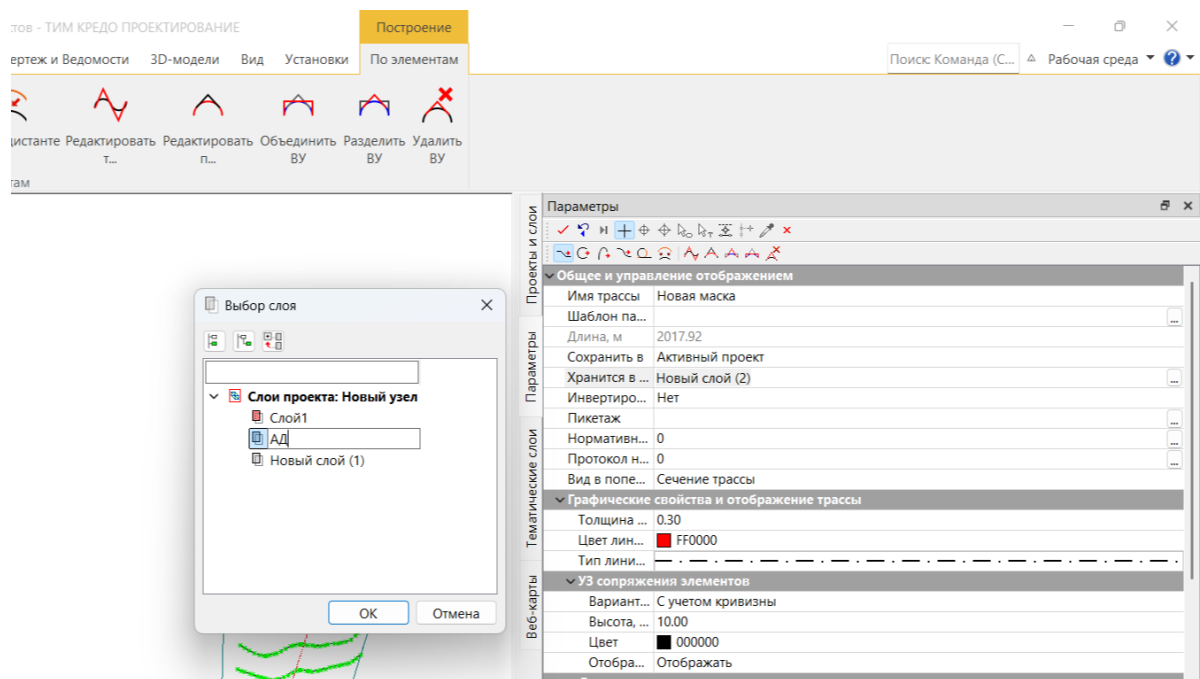


Рис. 2.33

При работе с разделом «Пикетаж» обязательно проверьте длину пикета: допустимое значение — строго 100 м. При отклонении потребуется корректировка (рис. 2.34).

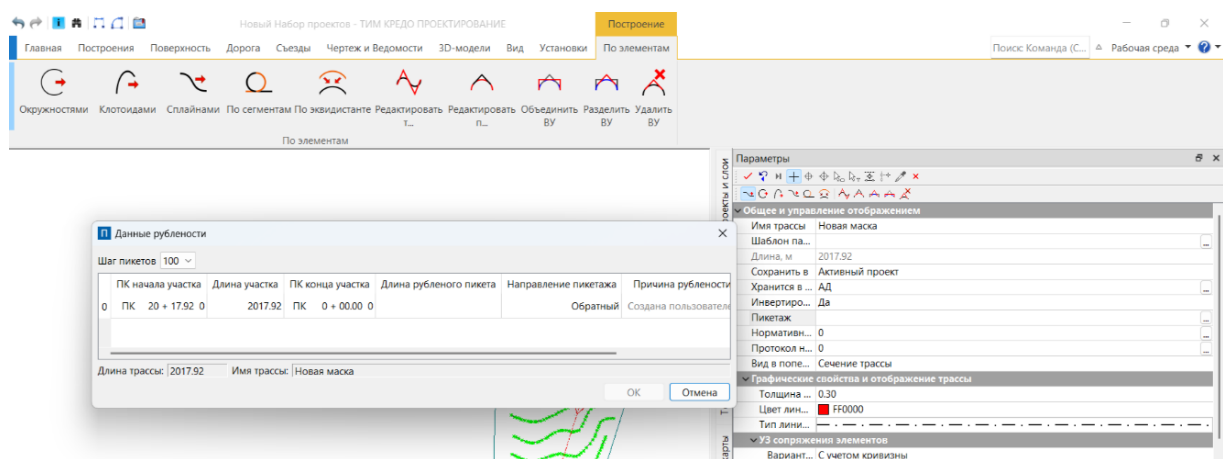


Рис. 2.35

В разделе «Нормативные документы» выберите в поле «Нормативная документация» СП 34.13330.2021, затем укажите категорию дороги и нажмите «ОК» (рис. 2.36).

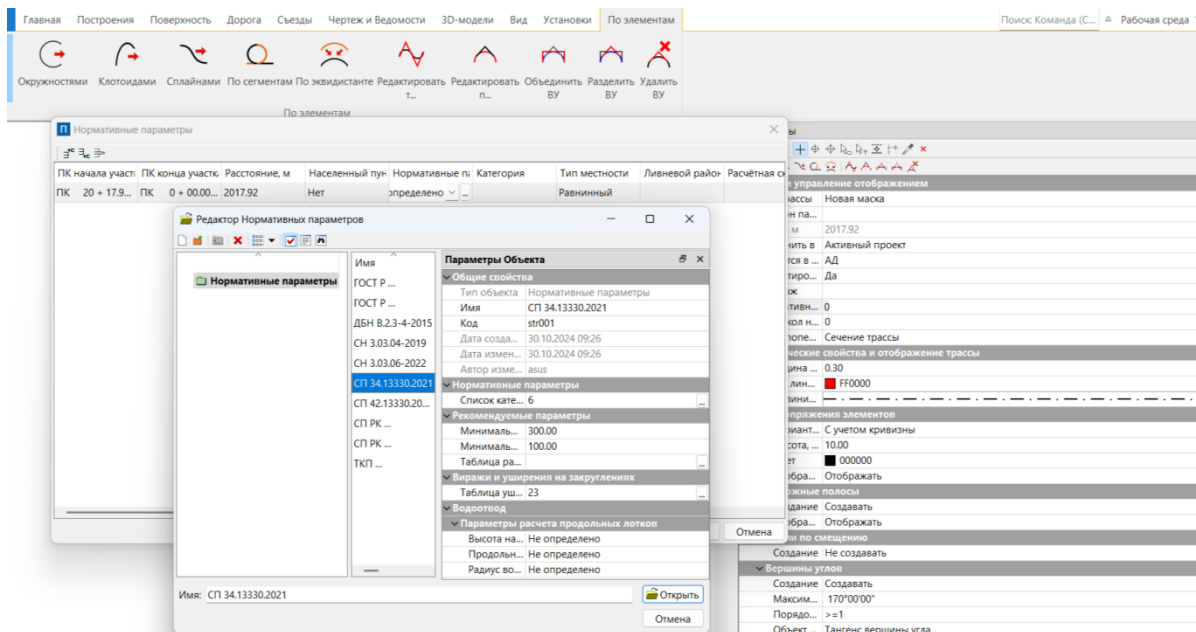


Рис. 2.36

В разделе «Графическое отображение» можно настроить цвет и тип линии для отображения трассы на плане. Для данного варианта оставляем настройки по умолчанию (рис 2.37).



Рис. 2.37

Последующие разделы можно оставить по умолчанию (рис. 2.38).

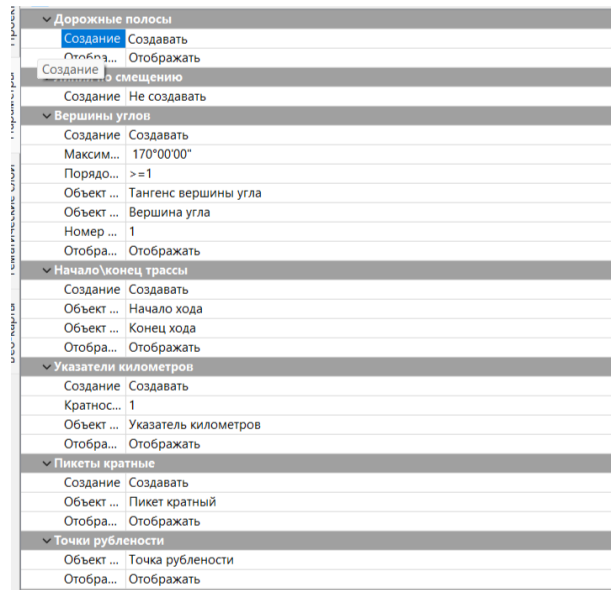


Рис. 2.38

В разделе «Тип трассы» оставляем вариант «монотрасса» и подтверждаем выбор нажатием на красную галочку. Трасса создана. Для построения цифровой модели АД нужно создать продольный профиль и задать дорожную конструкцию — эти этапы подробно разобраны в последующих практических работах. В данном случае профиль и конструкция уже подготовлены заранее. Результат должен соответствовать рисункам 2.39–2.41.

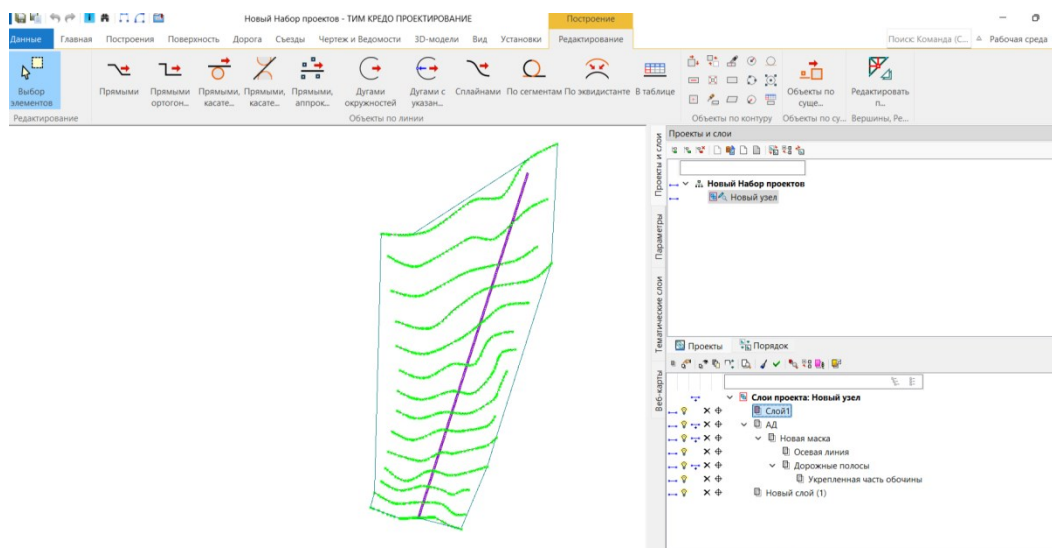


Рис. 2.39

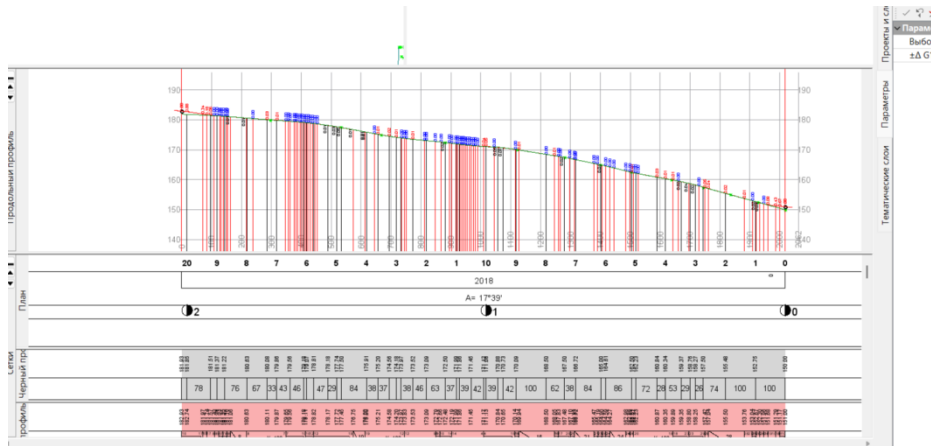


Рис. 2.40

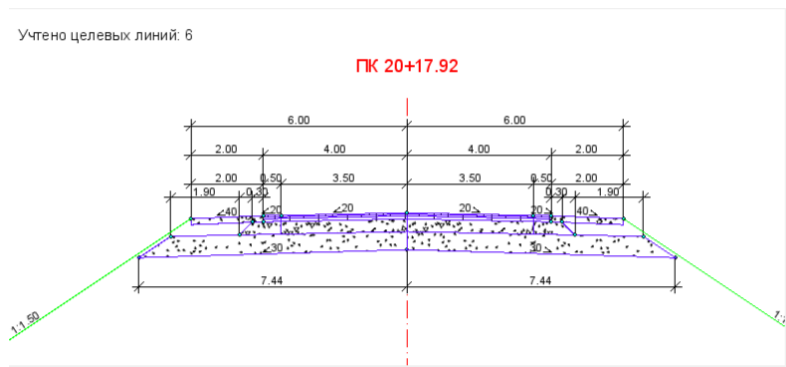


Рис. 2.41

Вернитесь на вкладку «План», затем перейдите на вкладку «Дорога». Выберите функцию «Цифровая модель проекта», укажите нужную трассу и подтвердите выбор нажатием на красную галочку (рис. 2.43).

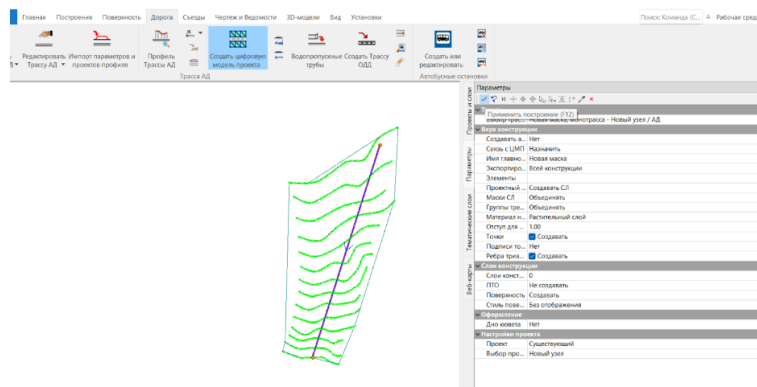


Рис. 2.42

Чтобы упростить визуальное восприятие модели, временно скроем слой рельефа. После выполнения этого шага цифровая модель трассы будет полностью готова к использованию (см. рис. 2.43).

Важной отличительной чертой созданной цифровой модели является то, что после конвертации в ней корректно отображается вертикальная планировка. Кроме того, в модели заложены откосы, спроектированные с учётом реального рельефа местности. Эти элементы позволяют точно оценить высотные отметки, уклоны и объёмы земляных работ, повышая общую достоверность проекта.

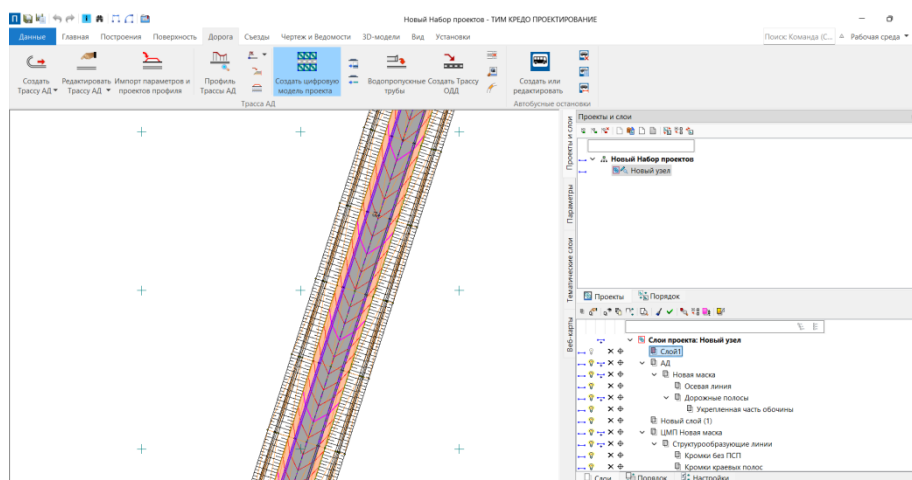


Рис. 2.43

2.4. Проектирование продольного профиля автомобильной дороги

Продольный профиль представляет собой проекцию оси автомобильной дороги на параллельную ей вертикальную поверхность (рис. 2.44). Проектирование проектной линии выполняют по принципу обертывающей или пользуются принципом секущей.

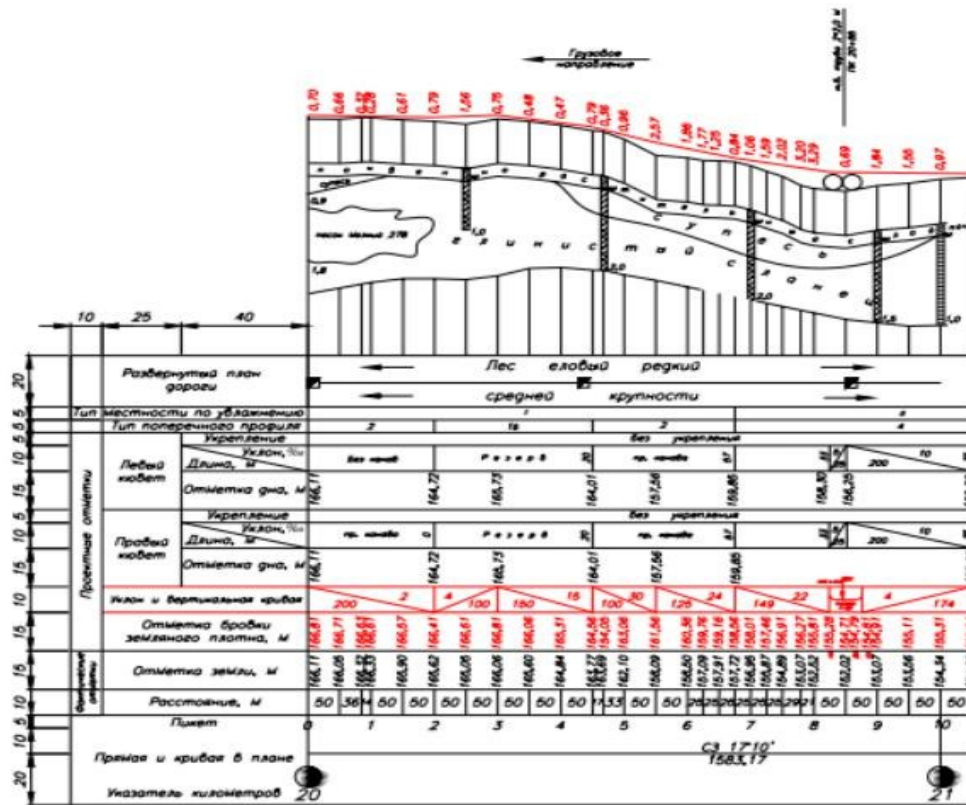


Рис. 2.44

При проектировании по обертывающей проектную линию наносят, следуя основным изгибам земной поверхности с соблюдением рекомендуемых рабочих отметок. Такой метод проектирования дает минимум земляных работ в сочетании с трассированием в плане и вписыванием дороги в элементы рельефа, позволяет получить хорошо осушаемую, не подверженную снеготаносам, устойчивое земляное полотно.

Проектирование по обертывающей возможно в условиях равнинного и слабохолмистого рельефа, в особо благоприятных грунтовых и гидрологических условиях (например, в южных степных районах). При проектировании по обертывающей отклонение от рекомендуемой рабочей отметки допускают:

1. В местах пересечения с железными дорогами в одном уровне, где, согласно требованиям СП, проектная линия должна пройти горизонтальной площадкой с отметкой уровня головок рельса, а длина горизонтальной площадки должна быть такова, чтобы расстояние от

крайнего рельса до начала вертикальной кривой, сопрягающей площадку со смежным уклоном, было не менее 10 м при расположении переезда и насыпи и 20 м в выемке [4].

2. В местах пересечения с автомобильной дорогой высшей категории в одном уровне. Проектная линия пересекающей дороги должна быть проведена с продольным уклоном, равным поперечному уклону проезжей части пересекаемой дороги. При этом должна быть обеспечена видимость дороги по установленным нормам и в соответствии с категориями пересекающихся дорог.

3. На участках местности, изрезанной оврагами, ложбинами, небольшими возвышениями.

4. На подходах к искусственным сооружениям.

5. При пересечении влажных и заболоченных впадин, где для предохранения полотна от грунтовых и поверхностных вод проектируются насыпи с повышенной бровкой.

По возможности следует избегать в продольном профиле частых переломов проектной линии, т. е. не проектировать пилообразный профиль.

В равнинной местности с затяжными площадками болот, имеющих поверхность, близкую к горизонтальной, проектную линию наносят горизонтально, а рабочую отметку назначают с учетом предохранения воды.

При нулевых отметках и малых насыпях длинные горизонтальные участки проектировать не рекомендуется.

При пересеченном рельефе местности проектная линия, запроектированная по обертывающей, дает беспокойный профиль. Плавность проектной линии достигается выбором такого шага проектирования, который обеспечивает размещение чередующихся вертикальных кривых с радиусом не менее минимальных, установленных для категории проектной дороги.

В условиях холмистого, сильно пересеченного рельефа более рационально наносить проектную линию по секущей, т. е. чередующимися выемками и насыпями (рис. 2.45).

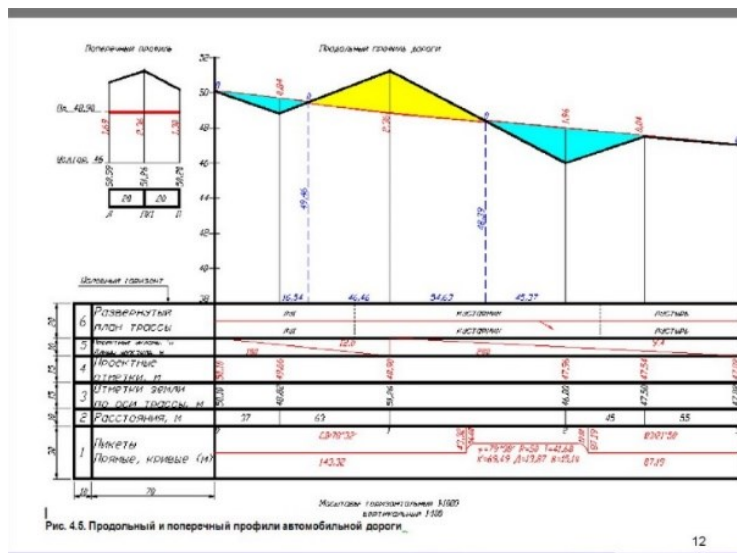


Рис. 2.45

При этом внимание проектировщика должно быть направлено на выполнение следующих требований:

1. При проведении красной линии по способу секущей стремятся по возможности уравновесить объемы находящихся по соседству насыпей и выемок; это дает экономию на земляных работах, так как позволит использовать грунт из выемок (в зависимости от его качества) для отсыпки насыпей.

2. Поверхностный водоотвод должен быть повсеместно обеспечен. Проектную линию в выемках необходимо располагать с уклоном не менее 5%, а лучше - 10% и более. Проектирование горизонтальных участков в выемках не допускается. Не разрешается перепускать воду из кюветов или резервов насыпи по кюветам выемки. На косогорных участках необходимо предусмотреть отвод стекающих нагорных вод нагорными канавами.

3. Проектная линия в выемке не должна проходить по неустойчивым или водоносным грунтам, так как в этих случаях требуется устраивать дренажи, а иногда даже заменять неустойчивые грунты в основании под проезжей частью.

4. В затяжных выемках, на крутых уклонах и при размываемых грунтах следует предусмотреть меры по укреплению кюветов от размыва.

5. Следует избегать проектирования мелких выемок значительной протяженности, подвергающих снегозаносимости, особенно в северных районах.

Учитывая, что земляное полотно в выемке хуже, чем насыпь, поддается просушке, зимой заносится снегом, более подвержено действию поверхностных и грунтовых вод, необходимо стремиться довести количество выемок до минимума.

При современной механизации земляных работ к увеличению продольных уклонов против норм следует прибегать в исключительных случаях и при надлежащем технико-экономическом обосновании. Если движение имеет ясно выраженное грузовое направление, следует применять меньшие подъемы.

На дорогах в горной местности при затяжных продольных уклонах величиной более 60% через каждые 2 - 3 км предусматривают места для остановки автомобилей в виде участков с уменьшенными продольными уклонами (до 20% и менее) или специальных площадок (рис. 2.46). Участки или площадки для остановок автомобилей располагают у источников воды и в живописных местах.



Рис. 2.46

План и продольный профиль автомобильных дорог рекомендуется проектировать из условий наименьшего ограничения и изменения скорости движения транспортного потока, обеспечения безопасности, удобства движения, возможной реконструкции дороги за пределами перспективного периода.

Параметры геометрических элементов автомобильных дорог должны обеспечивать безопасное, удобное и комфортное движение

транспортных средств: для одиночных автомобилей – с расчетными скоростями, для транспортного потока – с расчетной скоростью организации движения транспортного потока.

При проектировании автомагистралей, скоростных дорог, автомобильных дорог обычного типа категорий I–IV проектные решения принимаются с учетом оценки по показателям скорости, безопасности движения и пропускной способности с учетом движения транспортного потока, в том числе в неблагоприятные периоды года.

Продольный профиль оформляют в соответствии с ГОСТ 21.701–2013.

На начальных этапах проектирования необходимо определить руководящую отметку, руководствуясь минимальным возвышением насыпи из условия сохранения водно-теплового режима земляного полотна и (или) условия снегонезаносимости.

Поскольку сопротивление грунта сильно меняется при колебаниях влажности, для надежной работы дорожной одежды необходимо обеспечивать постоянство водного режима земляного полотна в течение всего года. Источники увлажнения верхних слоев земляного полотна и продолжительность их действия зависят от гидрологических условий и климата. Поэтому минимальное возвышение земляного полотна над источниками увлажнения в разных дорожно-климатических зонах не одинаковое [5].

Для обеспечения устойчивости и прочности рабочего слоя земляного полотна и дорожной одежды возвышение поверхности покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 сут) стоящих поверхностных вод, а также над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 сут) стоящих поверхностных вод должно соответствовать требованиям табл. 7.

Таблица 7

Грунт рабочего слоя	Наименьшее возвышение поверхности покрытия, м, в пределах дорожно-климатических зон			
	Дорожно-климатическая зона II	Дорожно-климатическая зона III	Дорожно-климатическая зона IV	Дорожно-климатическая зона V
Песок мелкий, супесь лёгкая крупная, супесь лёгкая	1,1 / 0,9	0,9 / 0,7	0,75 / 0,55	0,5 / 0,3
Песок пылеватый, супесь пылеватая	1,5 / 1,2	1,2 / 1,0	1,1 / 0,8	0,8 / 0,5
Суглинок лёгкий, суглинок тяжёлый, глины	2,2 / 1,6	1,8 / 1,4	1,5 / 1,1	1,1 / 0,8
Супесь тяжёлая пылеватая, суглинок лёгкий пылеватый, суглинок тяжёлый пылеватый	2,4 / 1,8	2,1 / 1,5	1,8 / 1,3	1,2 / 0,8

Примечание – В числителе дано возвышение поверхности покрытия над уровнем грунтовых вод, верховодки или длительно (более 30 сут) стоящих поверхностных вод, в знаменателе – то же, над поверхностью земли на участках с необеспеченным поверхностным стоком или над уровнем кратковременно (менее 30 сут) стоящих поверхностных вод.

При невозможности или нецелесообразности обеспечения требуемого возвышения должны быть предусмотрены специальные меры по регулированию водно-теплового режима рабочего слоя (замена грунта, устройство прослоек, в том числе из геосинтетических материалов (рис. 2.47), и т. п.), обосновываемых соответствующими расчетами.



Рис. 2.47

Необходимое возвышение земляного полотна обусловлено также высотой снежного покрова. Высоту насыпи на участках дорог, проходящих по открытой местности, по условию снегонезаносимости во время метелей определяют расчетом по формуле:

$$h = h_s + \Delta h,$$

где h – высота незаносимой насыпи, м;

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

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

В случаях, когда Δh оказывается меньше возвышения бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова по условиям снегоочистки, в формулу вместо Δh вводится Δh_s .

Возвышение бровки насыпи над расчетным уровнем снегового покрова необходимо назначать, не менее, для дорог категорий:

I - 1,2 м;

II - 0,7 м;

III - 0,6 м;

IV - 0,5 м;

V - 0,4 м.

В районах, где расчетная высота снегового покрова превышает 1 м, необходимо проверять достаточность возвышения бровки насыпи над снеговым покровом по условию беспрепятственного размещения

снега, сбрасываемого с дороги при снегоочистке Δh_{sc} , м, используя формулу:

$$\Delta h_{sc} = 0,375 \frac{h_s B}{a},$$

где B – ширина земляного полотна, м;

a – расстояние отбрасывания снега с дороги снегоочистителем, м; для дорог с регулярным режимом зимнего содержания допускается принимать $a = 8$ м.

При нормировании величины продольного уклона исходят не из расчетных скоростей, которые даже на подъемах средней крутизны могут развивать только некоторые типы автомобилей, а из соображений минимума суммарных затрат на строительство дороги и на эксплуатацию автомобильного транспорта на построенной дороге. Таким образом, нормирование величины продольного уклона – задача технико-экономическая.

Оптимальное значение продольного уклона соответствует минимуму суммарных затрат и тем меньше, чем выше расчетная интенсивность движения (рис. 2.48).

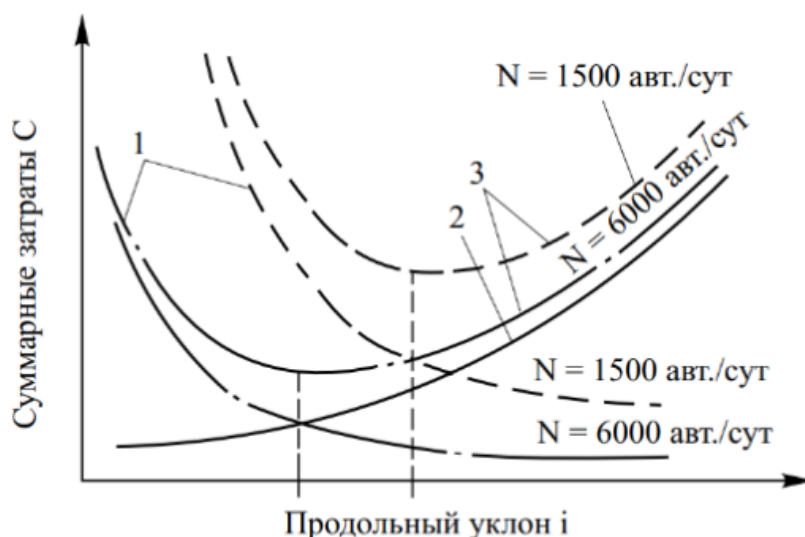


Рис. 2.48

- 1 – строительные расходы на один автомобиль за срок окупаемости;
- 2 – эксплуатационные расходы на один автомобиль;
- 3 – суммарные затраты на один автомобиль за срок окупаемости

На дорогах низких категорий с невысокой интенсивностью движения возможно назначать большие продольные уклоны, так как удельные строительные затраты превышают эксплуатационные затраты на проезд одного автомобиля. На дорогах высоких категорий рекомендуется назначать небольшие продольные уклоны, ввиду того что эксплуатационные затраты превышают удельные строительные затраты.

В соответствии с требованиями нормативных документов основной продольный уклон рекомендуется принимать не более 30 ‰.

Если по условиям местности не представляется возможным выполнить это требование или выполнение его связано со значительными объемами работ и стоимостью строительства дороги, при проектировании допускается снижать нормы на основе технико-экономического сопоставления вариантов. При этом предельно допустимые нормы надлежит принимать по табл. 8 исходя из расчетных скоростей движения по категориям дорог.

Таблица 8

Расчётная скорость, км/ч	Наибольший продольный уклон, ‰
150	30
120	40
100	50
80	60
60	70
50	80
40	90
30	100

В особо трудных условиях горной и пересеченной местности (за исключением мест с абсолютными отметками более 3000 м над уровнем моря) для участков протяженностью до 500 м при обосновании допускается увеличение значений наибольших продольных уклонов, приведенных в таблице 24, но не более чем на 20 ‰.

Наибольшие продольные уклоны на участках кривых в плане малых радиусов следует уменьшать согласно табл. 9.

Таблица 9

Радиус кривой в плане, м	50	45	40	35	30
Уменьшение наибольших продольных уклонов по сравнению с указанными в таблице 2, %, не менее	10	15	20	25	30

Длину участка с затяжным уклоном определяют в зависимости от величины уклона, но она не должна превышать значений, приведенных в таблице 10 (СП 34.13330.2021).

Таблица 10

Продольный уклон, %	Длина участка, м, при высоте над уровнем моря, м			
	1000	2000	3000	4000
60	2500	2200	1800	1500
70	2200	1900	1600	1300
80	2000	1600	1500	1100
90	1500	1200	1000	—

При более длинных затяжных уклонах необходимо включение в продольный профиль участков с уменьшенными продольными уклонами (20 % и менее), а также площадок для остановки автомобилей с расстоянием между ними не более длин участков, указанных в табл. 11.

Таблица 11

Рельеф местности	Продольный уклон, %					
	40	50	60	70	80	90
	Предельная длина участка с затяжным уклоном, м					
Равнинный и слабохолмистый	600	400	300	250	200	150

Сильно пересечённый	1500	1200	700	500	400	350
---------------------	------	------	-----	-----	-----	-----

Размеры площадок для остановки автомобилей определяются расчетом, но должны назначаться не менее чем на 3 – 5 грузовых автомобилей, а выбор места их расположения определяют из условий безопасности стоянки, исключающей возможность появления осыпей, камнепадов и, по возможности, у источников воды.

Переломы проектной линии в продольном профиле следует сопрягать вертикальными кривыми.

Переломы продольного профиля рекомендуется располагать в пределах кривых в плане. Расстояния между переломами продольного профиля должны обеспечивать вписывание двух соседних вертикальных кривых. Для улучшения условий видимости направления трассы кривые в плане должны начинаться раньше кривых в продольном профиле.

Величина алгебраической разности уклонов зависит от знака уклона и его величины. При разных знаках это сумма абсолютных величин. При одинаковых знаках уклонов это разность между большим и меньшим значением уклонов. По установленному значению радиуса вертикальной кривой вычисляют значения всех остальных ее параметров:

$$K = R\tilde{\omega};$$

$$T = \frac{K}{2};$$

$$B = \frac{T^2}{2R},$$

где K – длина кривой, принимаемая при расчете равной длине ее горизонтальной проекции, м;

$\tilde{\omega}$ – алгебраическая разность уклонов, доля единицы;

T – тангенс вертикальной кривой (горизонтальная проекция расстояния от вершины до начала или конца кривой), м.

Минимальные радиусы выпуклых вертикальных кривых $R_{\text{вып}}$, м, определяют из условий обеспечения расчетной видимости поверхности дороги водителем автомобиля, движущегося с расчетной скоростью (рис. 2.49).

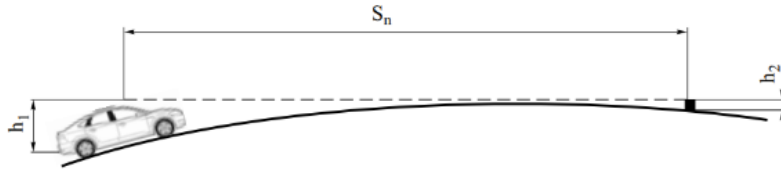


Рис. 2.49

$$R_{\text{вып}} = \frac{S_n^2}{2(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2},$$

где S_n – расчетное расстояние видимости дороги, определяемое в соответствии с расчетной скоростью автомобильной дороги или участка дороги, м;

h_1 – высота глаза водителя над проезжей частью дороги (принимается равной 1 м);

h_2 – высота препятствия, видимость которого должна быть обеспечена (принимается равной 0,2 м).

Минимальный радиус вогнутой вертикальной кривой, м, определяется из условия обеспечения видимости поверхности дороги в свете фар автомобиля, движущегося в темное время суток с расчетной скоростью (рис. 2.50).

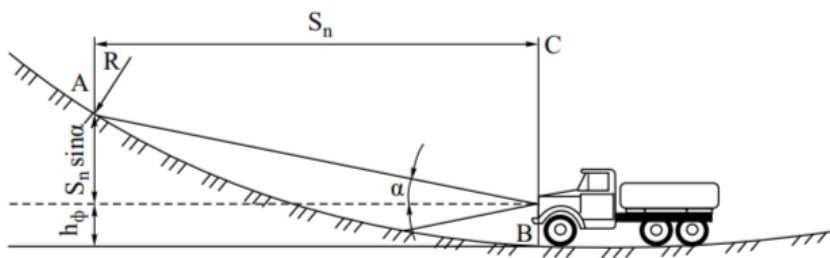


Рис. 2.50

$$R_{\text{вогн}} = \frac{S_n^2}{2(h_\phi + S_n \sin \alpha)};$$

$$R_{\text{вогн}} \approx \frac{S_n^2}{2h_\phi},$$

где h_ϕ – возвышение центра фар автомобиля над поверхностью проезжей части, принимается для легкового автомобиля 0,7 м;

α – угол отклонения пучка света фар, принимается равным 1° .

При назначении параметров элементов продольного профиля автомобильных дорог в качестве основных параметров рекомендуется принимать:

а) для автомагистралей и скоростных дорог, автомобильных дорог категории II:

- радиусы кривизны для кривых в продольном профиле, м, не менее:

- выпуклых – 70000,

- вогнутых – 8000;

- длины криволинейных участков продольного профиля, м, не менее:

- непрерывно выпуклых – 300,

- непрерывно вогнутых – 100;

для автомобильных дорог обычного типа, кроме дорог категории

II:

- радиусы кривизны для кривых в продольном профиле, м, не менее:

- выпуклых – 10000,

- вогнутых – 3000;

- длины криволинейных участков продольного профиля, м, не менее:

- непрерывно выпуклых – 300,

- непрерывно вогнутых – 100.

При этом следует обеспечить для кривых в профиле расстояние видимости, м:

- для остановки автомобилей – не менее 450 м;

- встречного автомобиля – следует принимать в соответствии с табл. 12.

Таблица 12

Расчётная скорость, км/ч	Минимальное расстояние видимости встречного автомобиля S_{ω} , м (согласно ГОСТ 33475–2015)
60	170
80	250
100	350
120	450

Если по условиям местности не представляется возможным выполнить эти требования или выполнение их связано со значительными объемами работ и высокой стоимостью строительства дороги, допускается уменьшать параметры геометрических элементов до минимальных величин.

При назначении вертикальных вогнутых кривых необходимо выполнить проверку принятых радиусов на видимость препятствия за сооружениями, устраиваемыми над проезжей частью на расстоянии не меньшем расстояния до полной остановки автомобиля (рис. 2.52).



Рис. 2.52

Проверку ведем по следующим формулам: при $S < L$

$$L = 2S - \frac{800 \left[c - \left(\frac{h_1 - h_2}{2} \right) \right]}{A},$$

при $S > L$

$$L = \frac{AS^2}{800 \left[c - \left(\frac{h_1 - h_2}{2} \right) \right]},$$

где L – длина вогнутой кривой, м;

S – расстояние до полной остановки автомобиля, м;

A – разность уклонов, %;

c – габарит по высоте проезжей части, м (для дорог категорий I и III принимается равным 5 м, для дорог категорий IV, V – 4,5 м);

h_1 – высота глаз водителя грузового автомобиля, принимается равной 2,4 м;

h_2 – высота препятствия, которая равна 0,2 м.

Тогда зависимости примут вид

$$L = 2S - \frac{800 \left[c - \left(\frac{h_1 - h_2}{2} \right) \right]}{A} = 2S - \frac{2960}{A},$$

$$L = \frac{AS^2}{800 \left[c - \left(\frac{h_1 - h_2}{2} \right) \right]} = \frac{AS^2}{2960}.$$

Сравнение полученных результатов (табл. 13) с данными действующих нормативных документов показывает, что требования к вертикальным вогнутым кривым по ГОСТ 33475–2015 обеспечивают видимость препятствия за сооружениями, устраиваемыми над проезжей частью на расстоянии, не меньшем расстояния до полной остановки автомобиля.

Таблица 13

Расчётная скорость автомобиля, км/ч	Расстояние до полной остановки автомобиля S, м	Разность уклонов A, %	Потребная длина и радиус кривой при максимальной разности уклонов, м	
			L	R
100	190	10	122	1219
80	135	12	74	615
60	85	14	34	244
40	50	18	15	84
30	35	20	9	41

При проектировании участков автомобильных дорог под искусственными сооружениями на участках вогнутых кривых их длину следует проверять на обеспечение расстояния видимости. По полученным значениям длины вогнутой кривой, рассчитанным по формулам, устанавливается радиус продольной кривой по таблице 7.

Полученные по таблице 7 значения радиусов не должны превышать указанный в табл. 14 минимум размеров вогнутых кривых.

Таблица 14

Расчётная скорость, км/ч	Наименьшие радиусы кривых, м, в продольном профиле		
	Выпуклых	Вогнутых	
		основные	в горной местности
150	30 000	8 000	4 000
120	15 000	5 000	2 500
100	10 000	3 000	1 500
80	5 000	2 000	1 000
60	2 500	1 500	600
50	1 500	1 200	400
40	1 000	1 000	300
30	600	600	200

При проектировании плана и профиля следует учитывать возможность реконструкции трассы и не принимать минимально допустимые параметры трассы.

Если по условиям местности не представляется возможным выполнить данные требования или выполнение их связано со значительными объемами работ и стоимостью строительства дороги, при проектировании допускается снижать нормы на основе технико-экономического сопоставления вариантов. При этом предельно допустимые нормы надлежит принимать по таблице 8 исходя из расчетных скоростей движения по категориям дорог.

Минимальные радиусы вертикальной выпуклой кривой, необходимые по условиям видимости покрытия проезжей части для дорог с низкой интенсивностью движения, приведены в табл. 15.

Таблица 15

Расчётная скорость, км/ч	В исключительных случаях		Из условия обеспечения безопасности, удобства и комфортабельности движения		Из условия обеспечения зрительной плавности и ясности дороги	
	Минимальное расстояние видимости, м	Минимальный радиус вертикальной выпуклой кривой, м	Минимальное расстояние видимости, м	Минимальный радиус вертикальной выпуклой кривой, м	Минимальное расстояние видимости, м	Минимальный радиус вертикальной выпуклой кривой, м
20	10	25	15	55	20	100
30	25	150	30	220	35	300
40	40	400	45	500	55	750
50	55	750	60	900	70	1200
60	80	1600	85	1800	115	3200
70	100	2500	110	3000	150	5500
80	125	3800	140	4800	175	7500

Недопустимы на участках прямых в плане длинные прямые вставки в продольном профиле. Их предельные длины приведены в табл. 16.

Таблица 16

Радиус вогнутой кривой в продольном профиле, м	Алгебраическая разность продольных уклонов, %						
	20	30	40	50	60	80	100
Наибольшая длина прямой вставки в продольном профиле, м							
Для дорог категорий I, II							
000	150	100	50	0	0	0	—
8000	360	250	200	170	140	110	—
12000	680	500	400	350	250	200	—
20000	—	—	850	700	600	550	—
25000	—	—	—	—	900	800	—
Для дорог категорий III, IV							
2000	120	100	50	0	0	0	0
6000	550	440	320	220	140	60	0
10000	—	—	680	600	420	300	200
15000	—	—	—	—	—	800	600

При сопряжении выпуклой и вогнутой кривых в продольном профиле радиус выпуклой кривой не должен более чем в 2 раза превышать радиус вогнутой кривой.

Количество переломов в плане и профиле должно быть по возможности одинаковым. Дороги с частыми переломами продольного профиля на кривых и извилистые при постоянном уклоне продольного профиля небезопасны для движения (рис. 2.53-2.54).



Рис. 2.53



Рис. 2.54

Вершины кривых в плане и профиле рекомендуется совмещать. Кривые должны быть близки друг другу по длине и перекрывать в плане выпуклые вертикальные кривые.

Недопустимы местные просадки продольного профиля, в которых теряется видимость поверхности дороги, а также местные взбугривания (рис. 2.55).

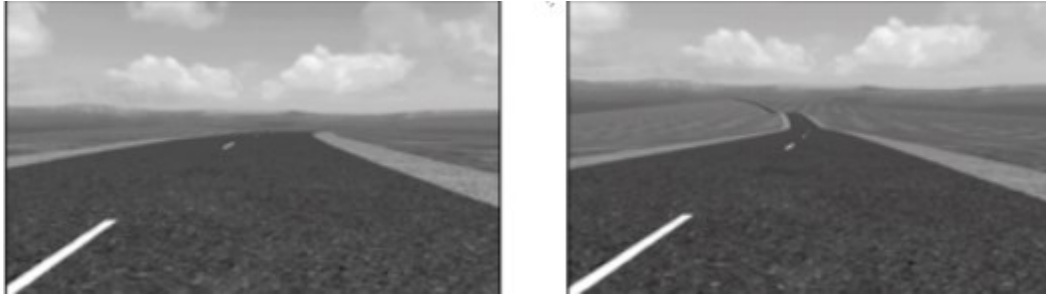


Рис. 2.55

Практическая работа № 4
**ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ
АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ**

Цель работы — освоить построение продольного профиля автомобильной дороги в программном комплексе кредо Дороги с учётом существующего рельефа трассы для заданной категории.

Задание: используя программный комплекс кредо-Дороги, построить продольный профиль будущей дороги на основе предоставленных преподавателем данных — цифровой модели рельефа (или набора высотных отметок по оси трассы) и категории дороги (например, на II или III степени), с учётом дополнительных условий (расчётной скорости движения, высокого уровня грунтовых вод, снегозаносимости и т. п., если они заданы).

Ход работы: перед выполнением данной работы необходимо завершить практические работы № 2 и № 3. Для построения продольного профиля требуется заранее созданная в CREDO поверхность и ось трассы, порядок построения которых подробно описан в предыдущих лабораторных работах. В данном примере мы разберём процесс построения продольного профиля для дороги III категории. Чтобы приступить к построению профиля, откройте вкладку «Дорога», затем выберите функцию «Профиль трассы», после чего в появившемся списке или на карте выберите необходимую ось дороги и подтвердите выбор, нажав на красную галочку (рис. 2.56).

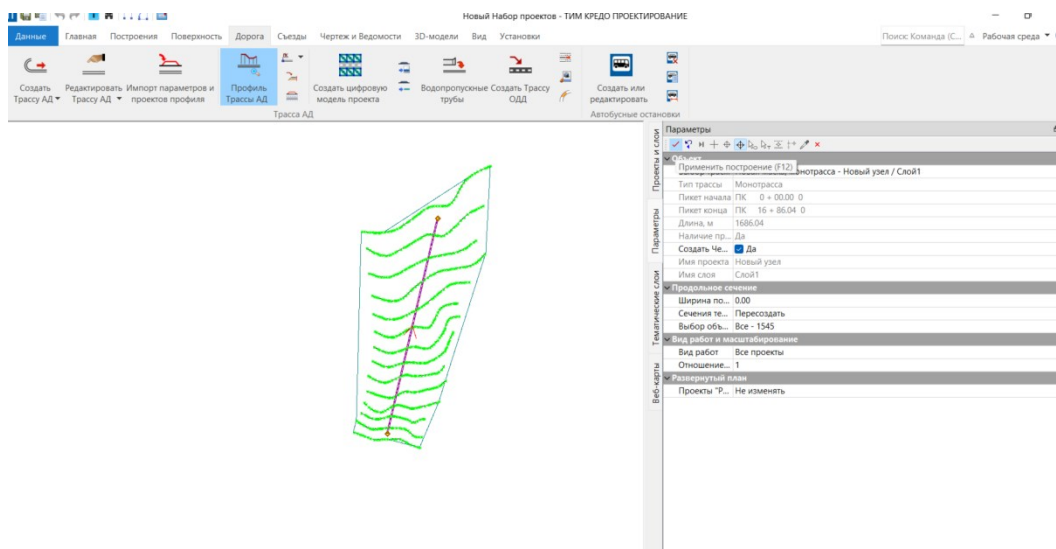


Рис. 2.56

В процессе формирования система перенесёт пользователя на следующую вкладку. На данном этапе на экране отображается линия земли в разрезе. Далее необходимо назначить черновой профиль. Для этого перейдите во вкладку «Исходный профиль», затем в разделе «Черновой профиль» выберите функцию «Назначить». Наведите курсор на линию земли, щёлкните по ней мышью и подтвердите действие, нажав на красную галочку (рис. 2.57).

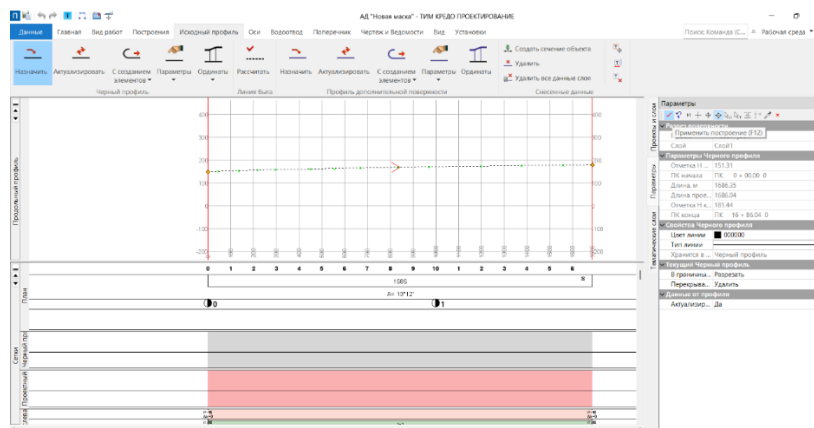


Рис. .2.57

Затем для будущей цифровой модели трассы назначьте профиль дополнительной поверхности (рис. 2.58).

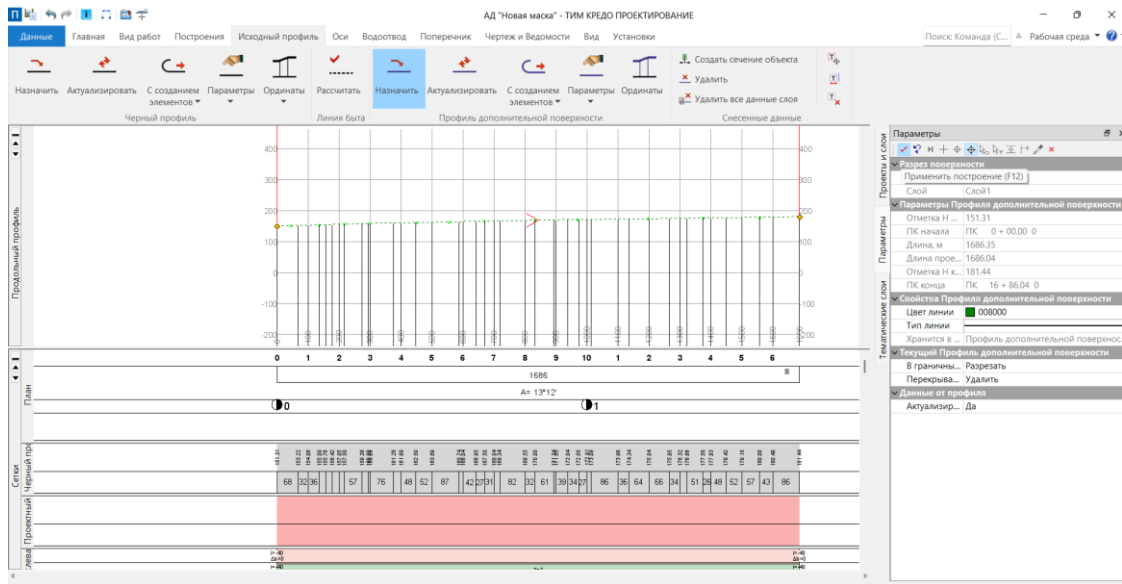


Рис. 2.58

Затем перейдите на вкладку «Оси». Необходимо рассчитать линию руководящих отметок — для этого нажмите на функцию «Рассчитать». В процессе расчёта программа выдаст отчёт о выполнении операции и подсветит линию штриховой подсветкой (рис. 2.59).

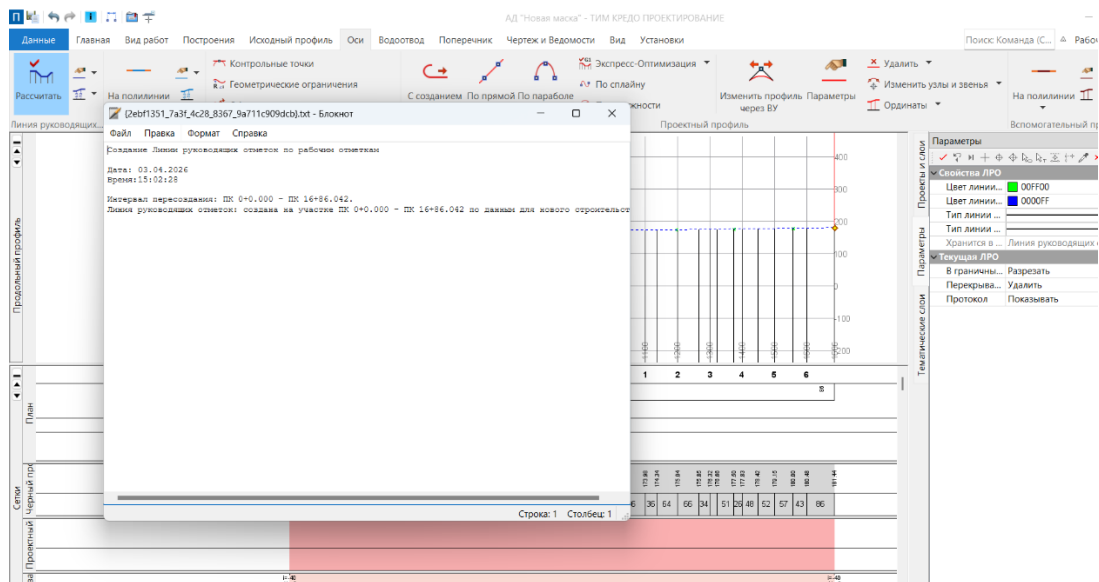


Рис. 2.59

Закройте отчёт и нажмите на красную галочку (рис. 2.60).

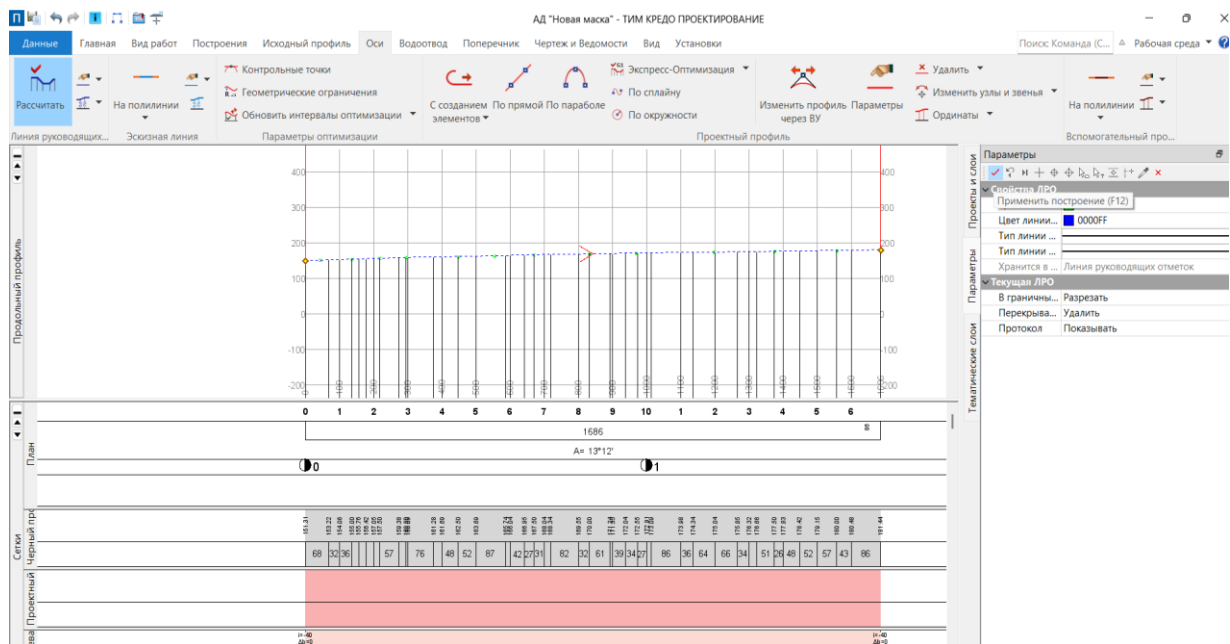
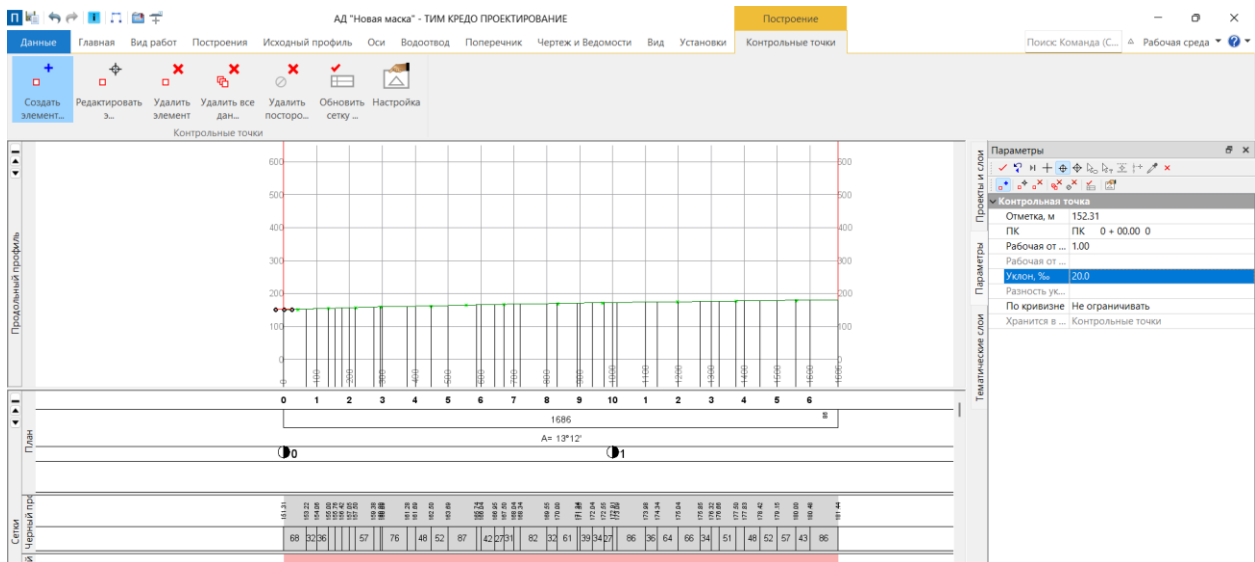


Рис. 2.60

Затем нам нужно запроектировать проектный профиль (так называемую «красную линию»). Для этого предварительно необходимо рассчитать высоту руководящей отметки — она задаёт базовый уровень для дальнейшего проектирования продольного профиля. Для нашего варианта возьмём высоту 1,0 м. В интерфейсе программы перейдите в раздел **«Параметры оптимизации»** и выберите функцию **«Контрольные точки»**, затем активируйте функцию **«Назначить»**. Расставьте контрольные точки: в начале и конце трассы, а также на ключевых конструктивных элементах — пересечениях, съездах, в начале и конце моста, у водопропускных труб и т.д. В нашем случае для упрощения задачи установим контрольные точки только в начале и в конце трассы. Для каждой контрольной точки выставьте заданную высоту (1,0 м) и задайте уклон 10 ‰ (промилле). Обратите внимание: максимально допустимый уклон в данном сценарии — до 30 ‰, что обеспечивает соответствие нормативным требованиям и безопасность движения. После ввода всех параметров подтвердите настройки, нажав на красную галочку (рис. 2.61).



Во втором случае в том же разделе выберите функцию «Экспресс-оптимизация», затем нажмите «Выполнить оптимизацию». Программа выдаст отчёт о расчёте, после чего линия подсветится красным штрихом. Если результаты расчёта удовлетворяют требованиям, подтвердите действие, нажав на красную галочку (рис. 2.63).

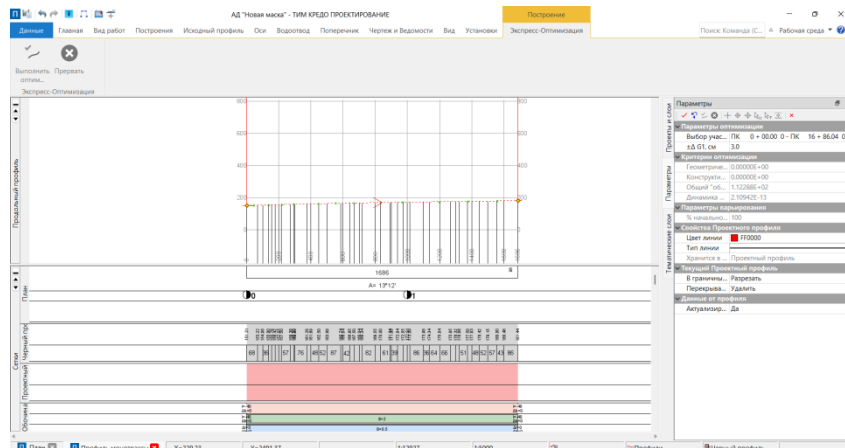


Рис. 2.63

В обоих случаях после успешного выполнения операций на экране должны отобразиться проектные отметки в указанном виде (рис. 2.64).

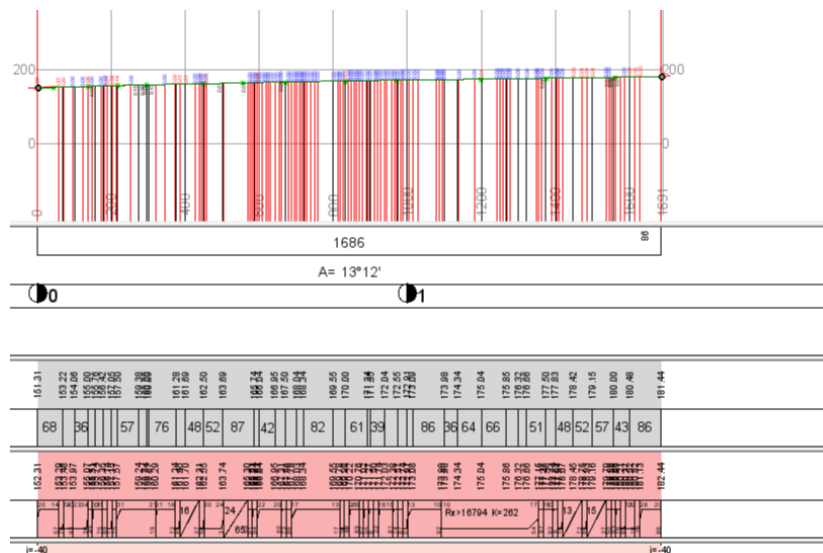


Рис. 2.64

После выполнения необходимо отредактировать отображение от-меток на пикетах. Для этого сначала нажмите на поле чёрного профиля, затем в параметрах создания выберите способ создания по параметрам. Настройте параметры таким образом, чтобы отображение было только на пикетах (рис. 2.65).

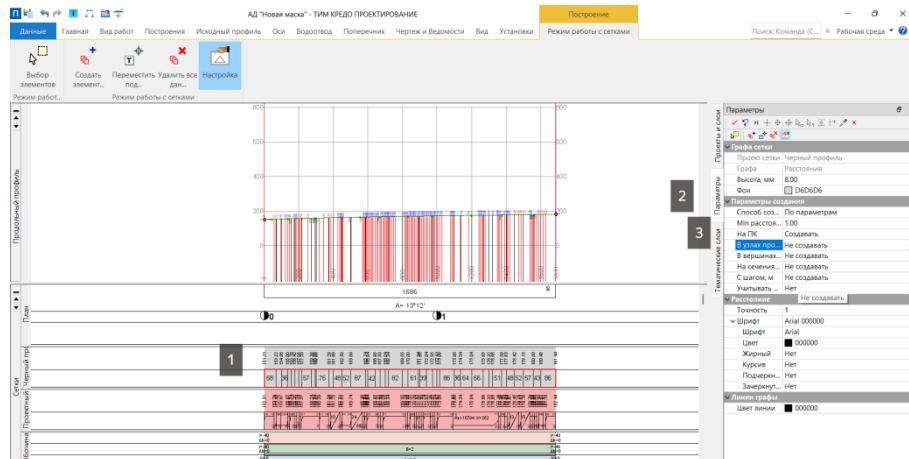


Рис. 2.65

Важно: перед нажатием на красную галочку предварительно выберите в параметрах функцию «Создать элементы по параметрам» (рис. 2.66). Если все выполнено верно, пикеты выстроятся с шагом 100 м.

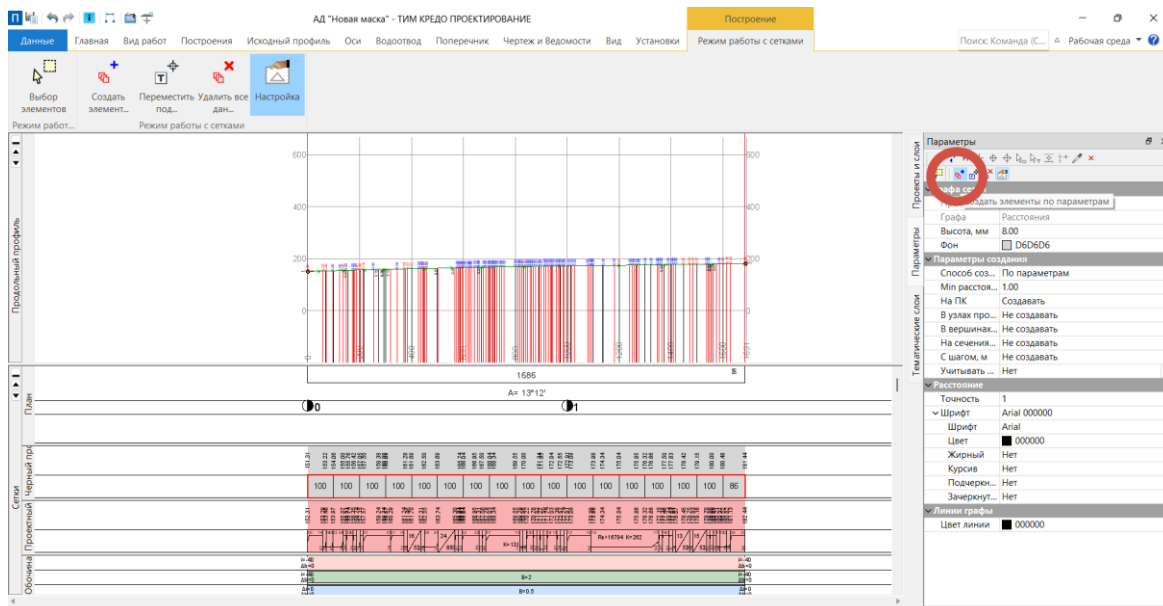


Рис. 2.66

Затем настройте отметки чёрного профиля. Для этого нажмите на поле с отметками и в параметрах выберите функцию «Создать отметку на ПК», при этом для всех остальных точек создание отметок отключите. Далее активируйте функцию «Создать элементы по параметрам», после чего подтвердите настройки, нажав на красную галочку (рис. 2.67).

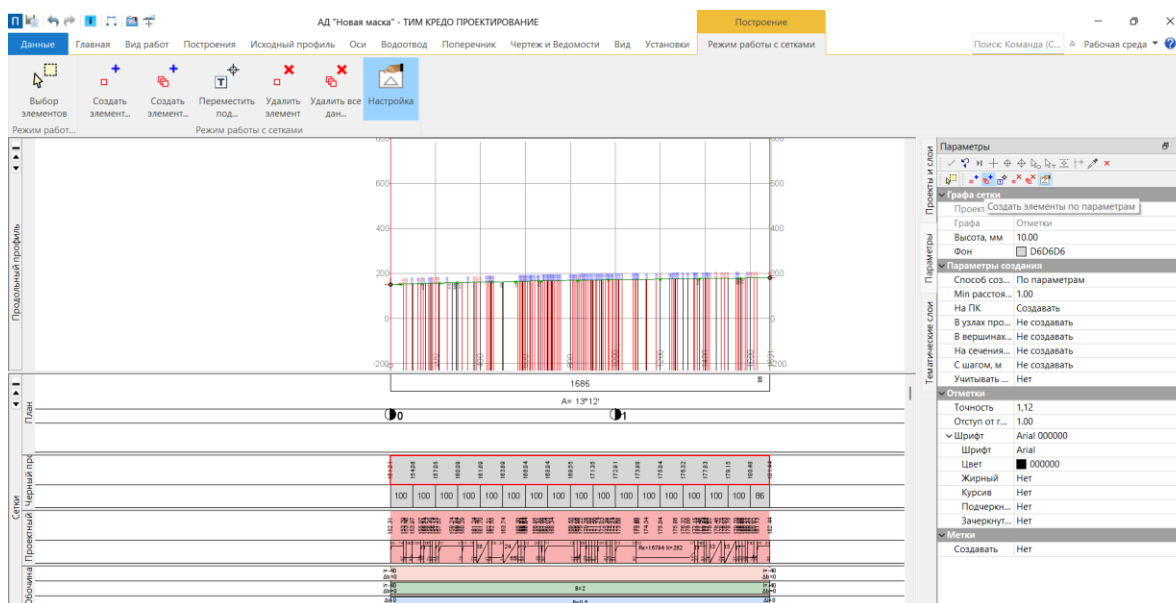


Рис. .2.67

Затем переходим к редактированию проектного профиля. Для этого выберите нижнее поле в интерфейсе программы. В параметрах настройки укажите минимальное значение радиуса кривых — это позволит обеспечить плавные переходы между участками трассы и соответствие нормативным требованиям. Также активируйте опцию «Объединение кривых»: она поможет упростить геометрию профиля за счёт слияния смежных криволинейных участков с близкими параметрами.

После установки всех настроек нажмите на функцию «Создать элементы по параметрам», чтобы применить заданные параметры к проекту. Завершите операцию, подтвердив действия нажатием на красную галочку (рис. 2.68).

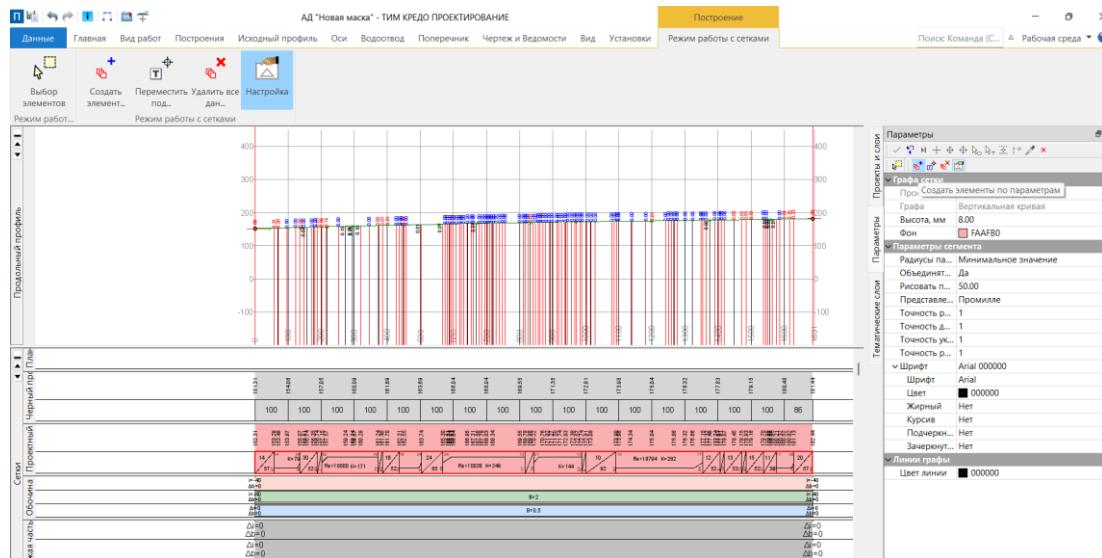


Рис. 2.68

Затем отредактируйте проектные отметки. Для этого настройте параметры отображения так, чтобы отметки отображались только на пикетажах. После этого нажмите на функцию «Создать элементы по параметрам», чтобы применить заданные настройки, а затем подтвердите изменения, нажав на красную галочку (рис. 2.69).

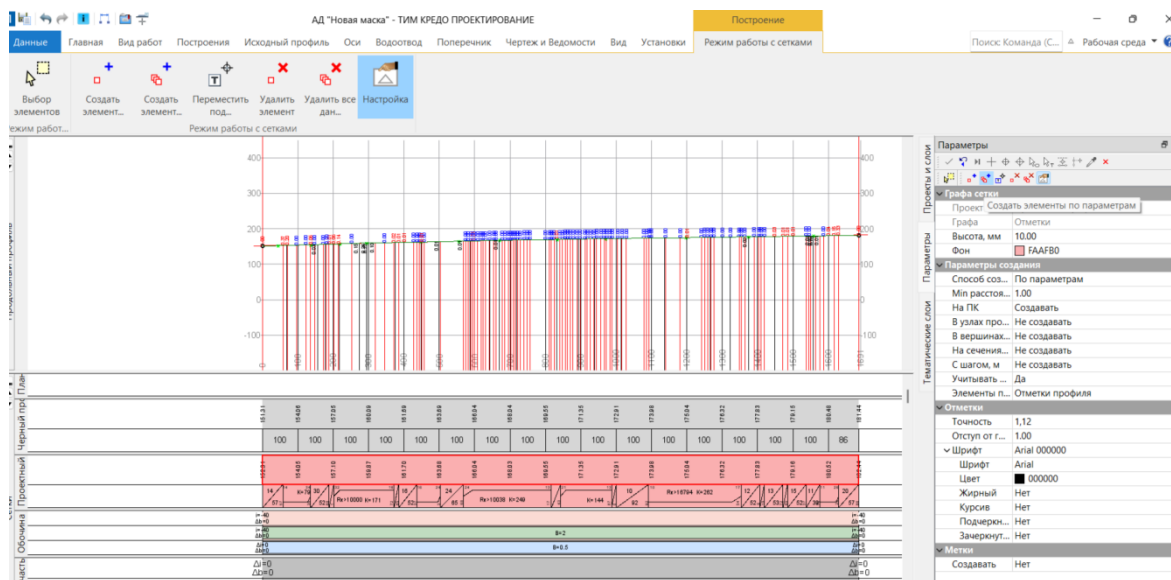


Рис. 2.69

Затем рассчитаем кюветы для нашей трассы. Для этого перейдите во вкладку «Водоотвод». В открывшемся разделе выберите функцию расчёта линии дна кювета — сначала для левой стороны трассы, затем

для правой. Нажмите кнопку «Рассчитать»: программа запустит процесс вычислений с учётом заданных параметров. При этом максимально допустимое отклонение от проектных отметок примем равным 1 м — такое значение обеспечит необходимый запас для корректного отвода воды и соответствие нормативным требованиям (рис. 2.70).

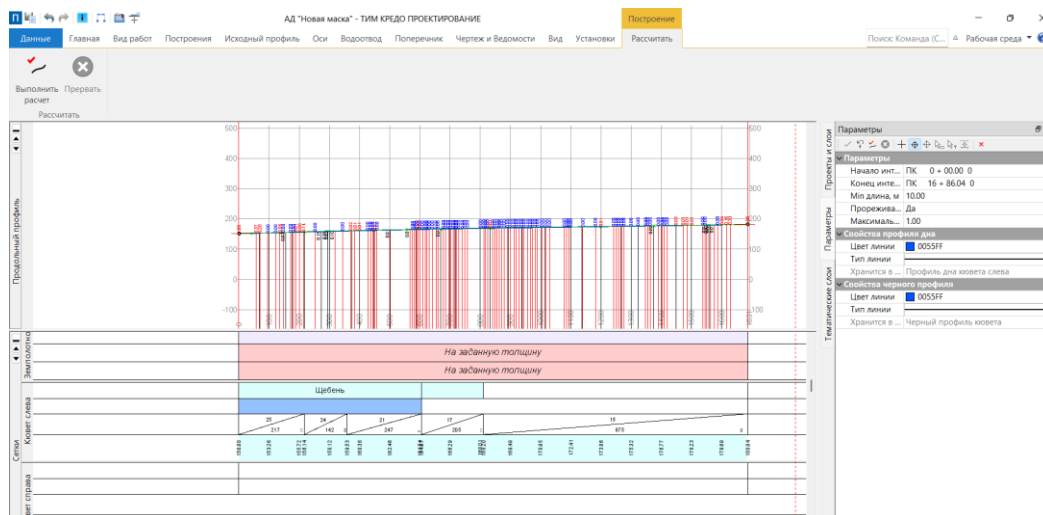


Рис. .2.70

Программа отобразит результат расчёта ниже (рис. 2.71).

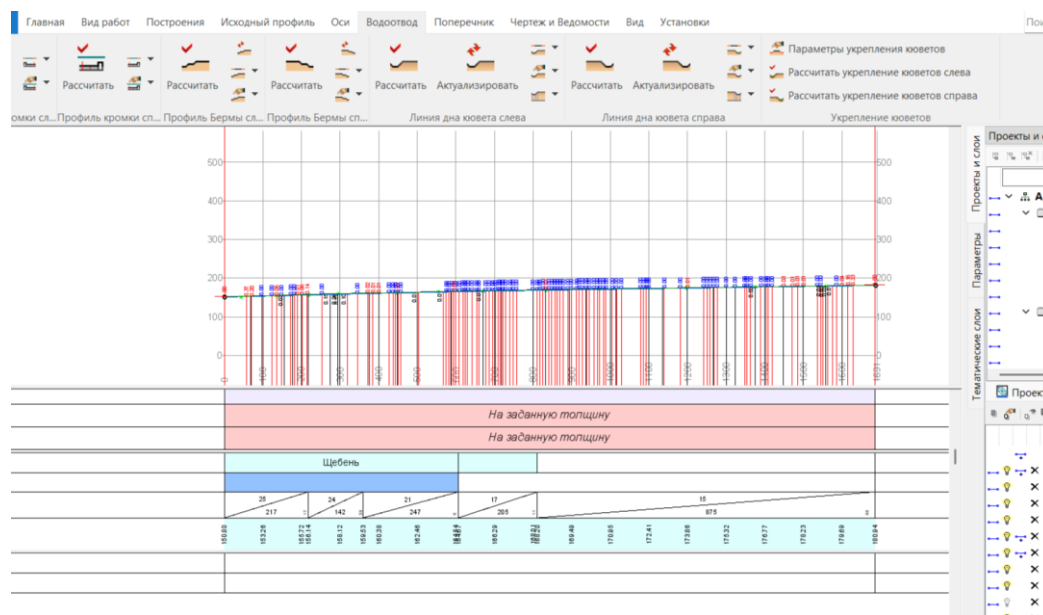


Рис. 2.71

Затем повторите те же действия, но уже для линии кювета с правой стороны трассы. Результат расчёта будет отображён ниже (рис. 2.72).

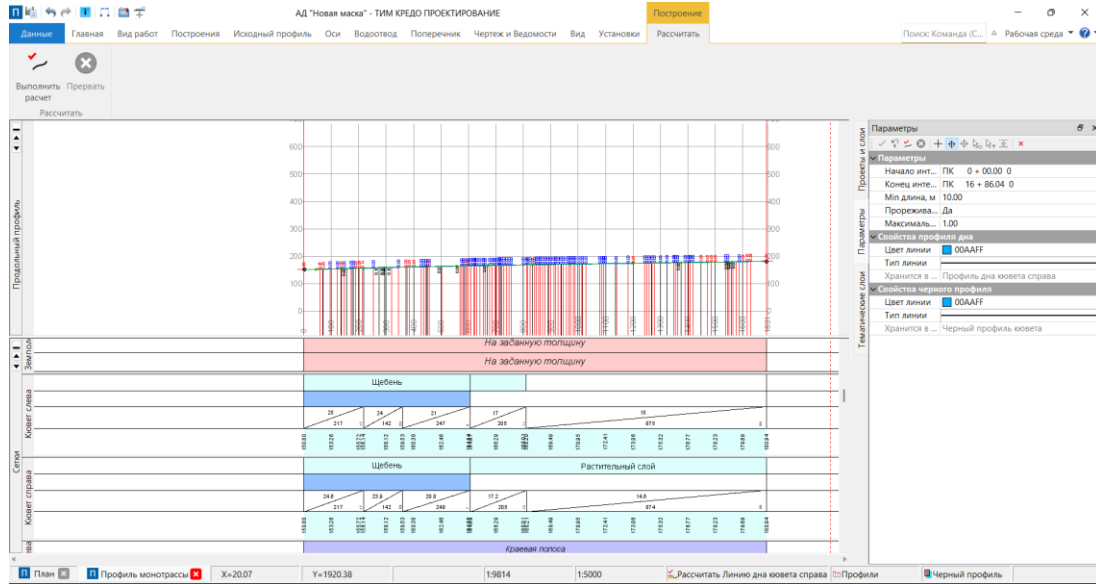


Рис. 2.72

Далее мы можем вывести продольный профиль на листы для дальнейшей корректировки в формате DWG. Для этого найдите в интерфейсе программы поле продольного профиля — оно расположено ниже, в рабочей сетке данных. Выделите это поле, чтобы подготовить профиль к экспорту (рис. 2.73).

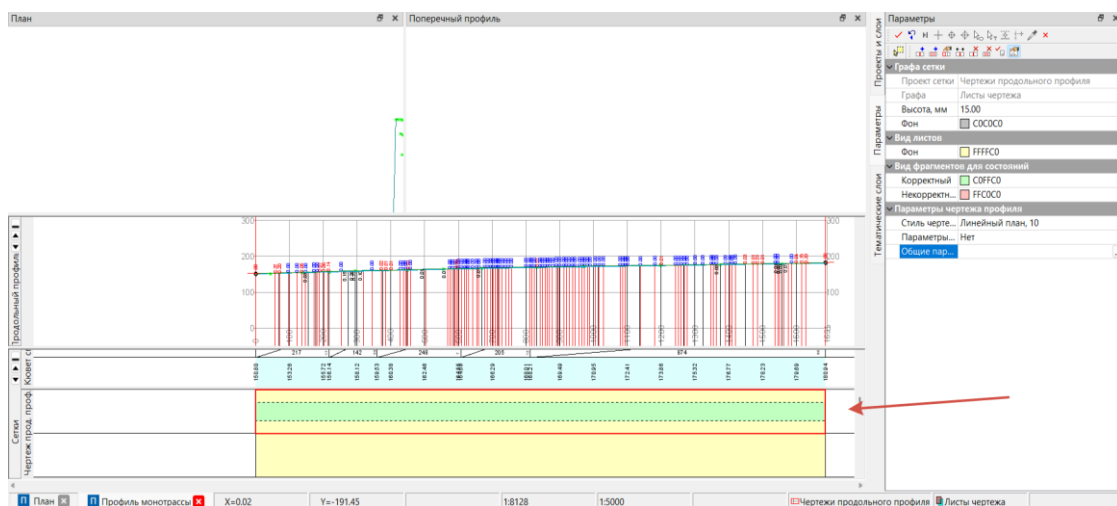


Рис. 2.73

В параметрах перейдите в раздел «Настройка» (рис. 2.74).

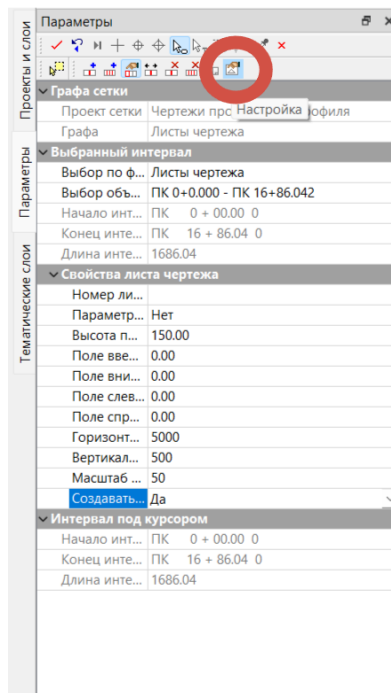


Рис. 2.74

В параметрах оставьте стиль «Линейный план», после чего перейдите в раздел «Общие параметры» (рис. 2.75).

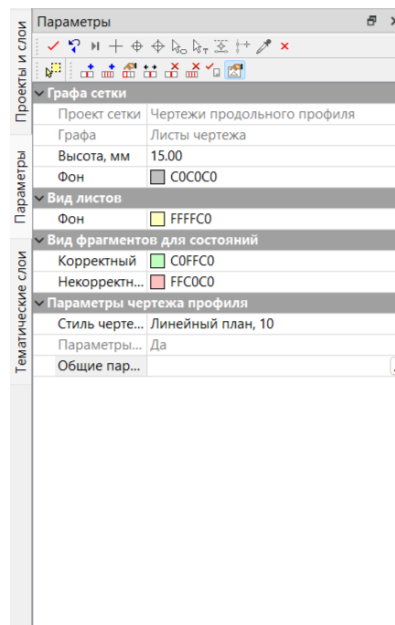


Рис. 2.75

На рабочую область появится окно с общими параметрами — отредактируйте их в соответствии с вашими требованиями. Рекомендуем для работы выбирать шаблон сетки ГОСТ 21.701-2013, форма 6 («Продольный АД»), а также форму чертежа «Шаблон 3» (рис. 2.76).

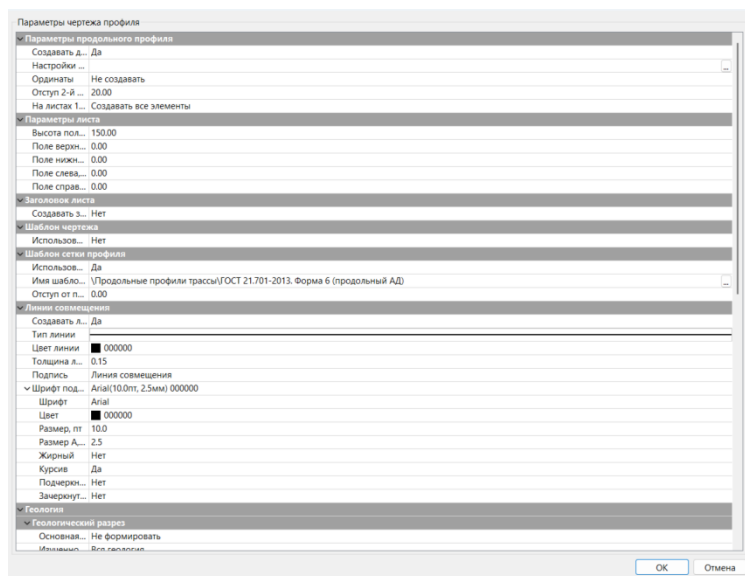


Рис. 2.76

Также необходимо создать рейку и линейку для нашего чертежа. Установите шаг основных делений равным 2,5 м (рис. 2.77). Кроме того, отредактируйте масштаб: горизонтальный — 1:1500, вертикальный — 1:500.

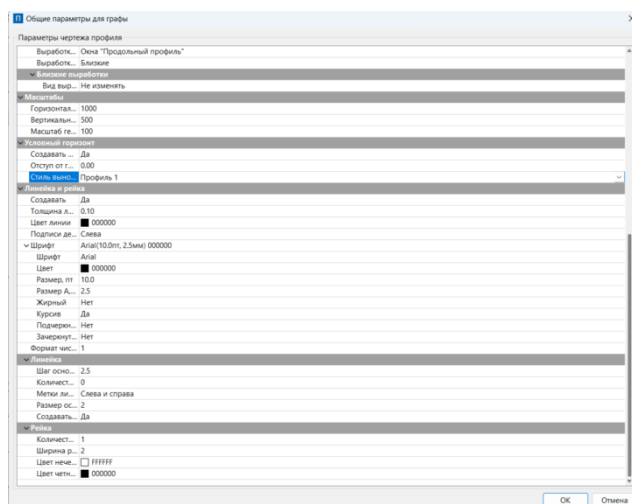


Рис. 2.77

Нажмите кнопку «Создать чертёж», затем подтвердите действие, нажав на красную галочку (рис. 2.78).

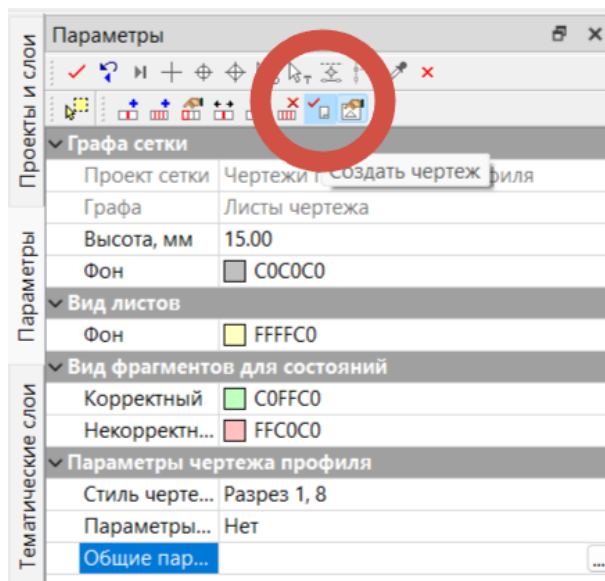


Рис. 2.78

После выполнения предыдущих действий система автоматически перенесёт вас на следующую вкладку — «Чертежи профиля». На этом этапе черновой вариант продольного профиля будет готов. Далее его необходимо оформить в стороннем графическом редакторе — например, в NanoCAD (рис. 2.79).

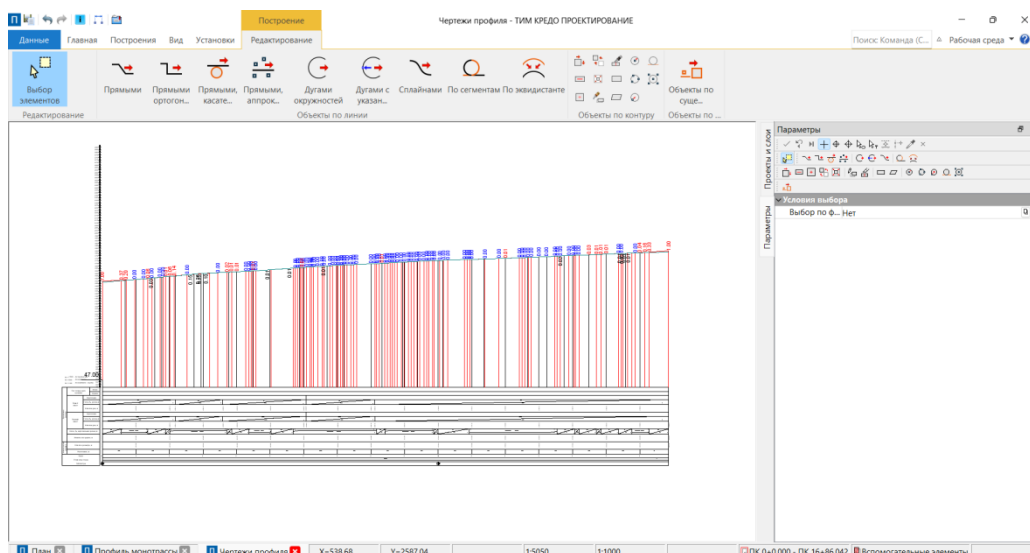


Рис. 2.79

Для этого перейдите в левый верхний угол интерфейса, откройте вкладку «Данные» и выберите пункт «Экспорт». Затем выполните экспорт в формате DWG (рис. 2.80).

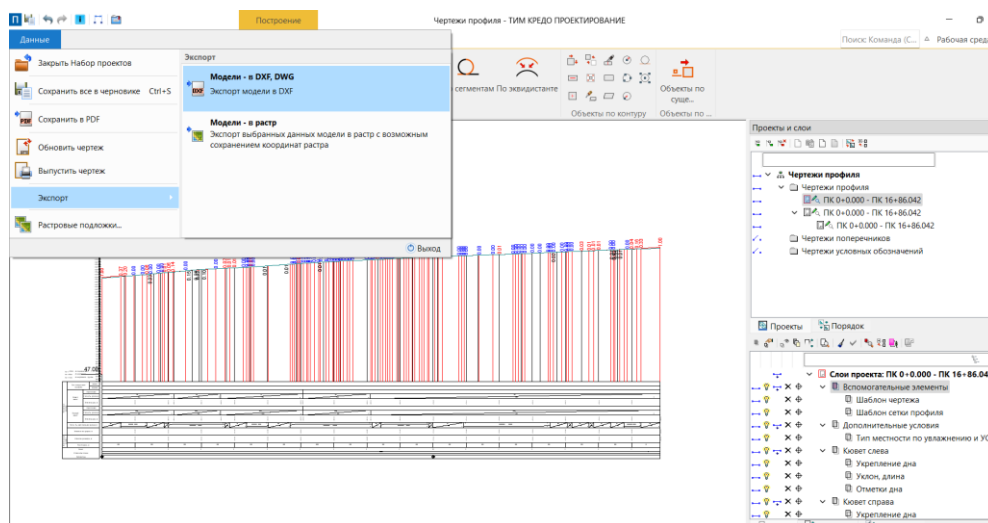


Рис. 2.80

Выберите область, которую необходимо выгрузить в заданном формате. Для удобства рекомендуем использовать курсор в виде крестика (режим выбора точки): обведите нужную область рамкой, затем подтвердите выбор, нажав на красную галочку (рис. 2.81).

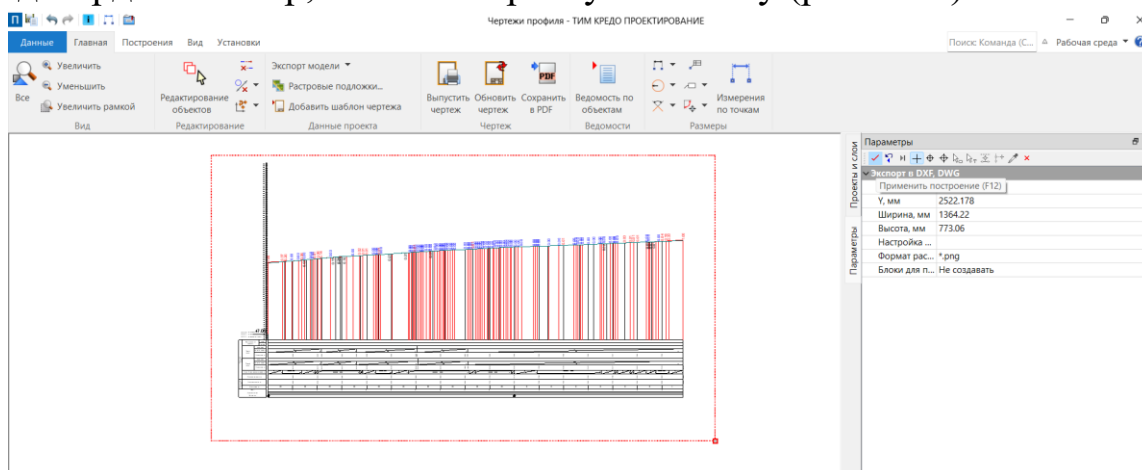


Рис. 2.81

Сохраните документ на рабочий стол: укажите путь сохранения и подтвердите действие. После этого отредактируйте продольный профиль в nanoCAD, используя приведённый пример в качестве эталона.

2.5. Проектирование поперечного профиля автомобильной дороги

Проектирование поперечного профиля автомобильных дорог следует вести с учетом обеспечения заданного уровня удобства и безопасности дорожного движения, а также санитарногигиенических, противопожарных и экологических требований.

Состав элементов поперечного профиля, их взаимное расположение и пространственное решение определяются категорией дороги, особенностями района проектирования, интенсивностью транспортного и пешеходного движения, видами транспортных средств, использованием надземного и подземного пространства.

Габариты приближения автомобильных дорог общего пользования определяются минимальными габаритами приближения автомобильных дорог по ширине и высоте согласно ГОСТ 32959–2014.

Габариты приближения автомобильных дорог общего пользования по ширине определяются по ГОСТ 33475–2015, расстояниями установки на них технических средств организации дорожного движения или других конструкций по ГОСТ 33151–2014 и в соответствии с рекомендациями разд. 6.

При определении габаритов приближения по ширине следует учитывать, что при установке дорожных ограждений на разделительной полосе автомобильной дороги расстояние от левой кромки проезжей части до лицевой стороны барьерного или парапетного ограждения должно быть не менее 1 м [6].

Минимальные габариты приближения по высоте автомобильных дорог H определяются с учетом высоты расчетного транспортного средства и зазоров безопасности:

- для автомобильных дорог категорий I – III не менее 5 м;
- автомобильных дорог категорий IV, V не менее 4,5 м.

В целях обеспечения безопасности дорожного движения расстояния от поверхности проезжей части до нижнего края технических средств организации дорожного движения (ТСОДД), расположенных над проезжей частью автомобильных дорог, должны быть не менее габаритов приближения автомобильных дорог по высоте, как показано на рис. 2.82.

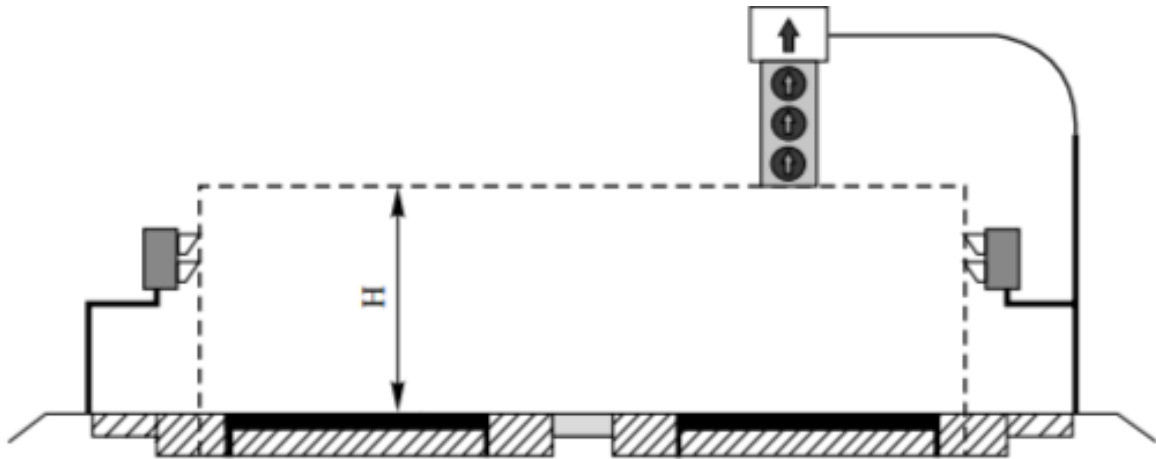


Рис. 2.82

Расчет ширины проезжей части производят в следующей последовательности:

- расчет количества полос движения;
- определение:
 - расчетного автомобиля,
 - ширины полос движения,
 - ширины полос обочин и разделительных полос,
 - общей ширины проезжей части.

Количество полос движения n определяют исходя из перспективной интенсивности движения на срок службы дороги по формуле:

$$n = \frac{N}{zP},$$

где N – суммарная интенсивность движения по проектируемой автомобильной дороге, привед. авт./ч;

z – коэффициент загрузки дороги движением;

P – пропускная способность полосы движения, привед. авт./ч.

Общее количество полос допускается определять по табл. 17 (ГОСТ 33475–2015).

Таблица 17

Рельеф местности	Интенсивность движения, привед. авт./сут	Количество полос движения
Равнинный и пересечённый	14 001–40 000	4
Равнинный и пересечённый	40 001–80 000	6
Равнинный и пересечённый	Свыше 80 000	8
Горный	14 001–34 000	4
Горный	34 001–70 000	6
Горный	Свыше 70 000	8

Ширину полос движения на автомобильных дорогах категорий I, II в условиях наличия в составе транспортного потока менее 30 % грузовых автомобилей рекомендуется назначать по табл. 18. При наличии в составе транспортного потока более 30 % грузовых автомобилей ширину всех полос принимают равной 3,75 м.

Таблица 18

Категория дороги	Расчётная скорость движения, км/ч	Ширина полосы движения, м (от обочины) на полосе			
		1	2	3	4
Четыре полосы в одном направлении					
IA	150	3,75			
A, IB, IV	60, 80, 100, 120	3,75	3,75	3,50	3,50
Три полосы в одном направлении					
IA	150	3,75			
IA, IB, IV	60, 80, 100, 120	3,75	3,75	3,50	—
Две полосы в одной направлении					
IA	150	3,75			
IA, IB, IV	60, 80, 100, 120	3,75	3,75	—	—
Одна полоса в одном направлении					
I	60, 100, 120	3,75	—	—	—

Ширину полос движения на автомобильных дорогах категорий III–V назначают по табл. 19.

Таблица 19

Категория дороги	III	IV	V
Ширина полосы движения, м	3,5	3,0	4,5

При необходимости индивидуального техникоэкономического обоснования ширины полосы движения производится ее расчет с учетом принятого расчетного автомобиля, который рекомендуется устанавливать: для двухполосных автомобильных дорог – грузовой; автомагистралей и скоростных автомобильных дорог по табл. 21.

При количестве грузовых автомобилей в составе транспортного потока более 30 % ширину всех полос движения рассчитывают на движение грузового автомобиля (табл. 20).

Таблица 20

Общее количество полос движения в двух направлениях	Рекомендуемый расчётный автомобиль на полосе движения (от обочины)			
	1	2	3	4
4	Г	Г	—	—
6	Г	Г	Л	—
8	Г	Г	Л	Л

Примечание – Г – грузовой автомобиль; Л – легковой автомобиль.

В процессе движения автомобиль движется по некоторой синусоидальной линии и занимает на дороге полосу несколько шире геометрических габаритов автомобиля. Отклонение траектории движения от прямой тем больше, чем выше скорость движения. С учетом этого водители стремятся выдержать определенный зазор между встречным (попутным) автомобилем, а также кромкой проезжей части. По результатам наблюдений установлены зависимости, характеризующие величину этих зазоров.

Определение ширин полос движения производят с учетом следующих положений.

- Ширину полосы движения двухполосной автомобильной дороги, $V_{п.д.}^{ДП}$, м, рассчитывают по формуле:

$$B_{п.д.}^{ДП} = x + y + A,$$

где A – ширина расчетного транспортного средства, принимаемая 2 м для легкового автомобиля, 2,5 м для грузового автомобиля;

x, y – зазоры безопасности, м (рис. 2.83),

$$x = 0,3 + 0,005v;$$

$$y = 0,5 + 0,005v,$$

v – расчетная скорость движения, км/ч.

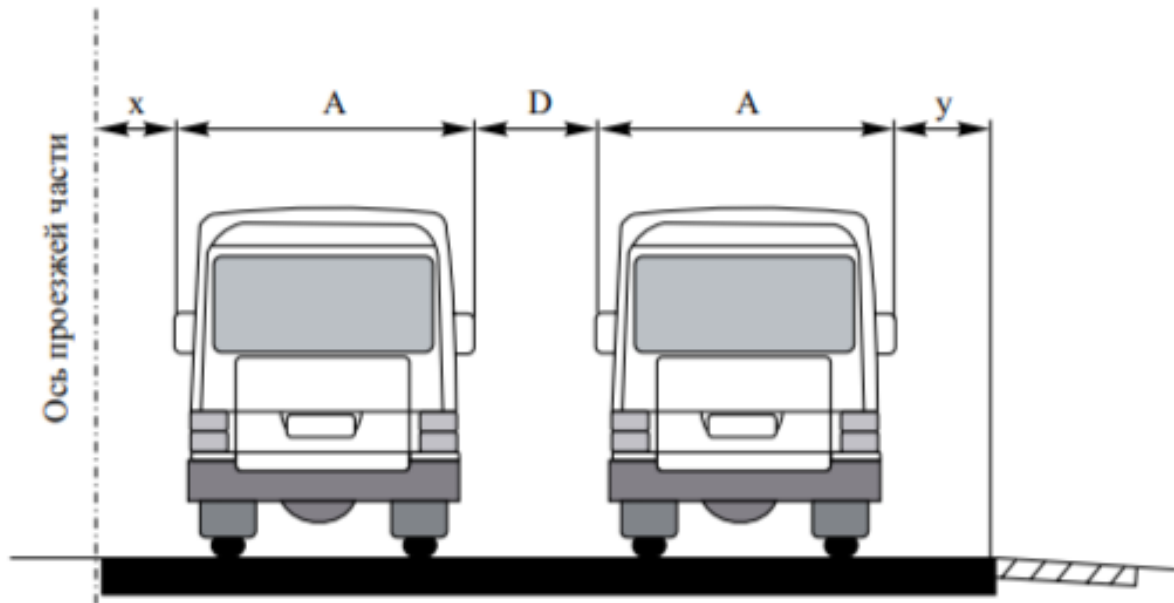


Рис. 2.83

Ширину крайней левой $B_{п.д.}^{МП1}$, м, и крайней правой $B_{п.д.}^{МП2}$, м, полосы многополосной дороги рассчитывают соответственно по следующим формулам:

$$B_{п.д.}^{МП1} = x + 0,5D + A;$$

$$B_{п.д.}^{МП2} = y + 0,5D + A,$$

где D – зазор безопасности на многополосных проезжих частях, м (табл. 21, рис. 2.83).

Таблица 21

Расчётный автомобиль	Зазор безопасности D , м
Легковой - легковой	0,9
Легковой - грузовой	1,0
Грузовой - грузовой	1,1

При наличии вдоль крайней левой или правой полосы бортовых камней, а также барьерных ограждений ширину такой полосы рассчитывают в соответствии с формулой. Ширину внутренней полосы движения $V_{п.д.}^{мпз}$, м, многополосной автомобильной дороги находят по формуле:

$$V_{п.д.}^{мпз} = D + A.$$

Окончательно ширину проезжей полосы движения принимают, округляя полученное расчетом значение $V_{п.д.}$ до ближайшего значения, кратного 0,25 м. Полученные расчетом значения ширины полос движения больше $V_{п.д.} = 3,75$ м ограничивают этой величиной.

Общую ширину проезжей части B , м, устанавливают на основании данных о ширине полос движения и их количестве по формуле:

$$B = \sum_{i=1}^n B_{п.д.}^i,$$

где $B_{п.д.}^i$ – ширина полосы движения i -го ряда движения, м.

Полосы движения двухполосных дорог в пределах вертикальной вогнутой кривой, сопрягающей смежные участки с алгебраической разностью продольных уклонов 60 % и более, следует уширять для дорог категорий:

- II, III на 0,5 м;
- IV, V на 0,25 м.

На прямых участках дороги в плане поперечный профиль проезжей части принимают двускатным с уклонами от оси проезжей части. Поперечные уклоны проезжей части для покрытий с усовершенствованным типом дорожных одежд, кроме участков кривых в плане, на которых предусматривается устройство виражей, принимают в зависимости от числа полос движения и климатических условий по табл. 22.

Таблица. 22

Категория дороги	Поперечный профиль проезжей части	Полоса движения	Поперечный уклон, ‰, в различных дорожно-климатических зонах			
			I	II, III	IV	V
I	Односкатный на каждом направлении движения	Первая и вторая от разделительной полосы	15	20	20	15
		Третья и последующие от разделительной полосы	20	25	25	20
	Двускатный на каждом направлении движения	Первая и вторая от оси проезжей части	15	20	20	15
		Третья и последующие от оси проезжей части	20	25	25	20
II–IV	Двускатный	Каждая	15	20	20	15

Центральная разделительная полоса является элементом поперечного профиля автомобильных дорог категории I. Необходимость устройства центральных разделительных полос обусловлена необходимостью разделения встречных потоков транспортных средств высокой интенсивности, движущихся с большими скоростями.

Центральная разделительная полоса включает две полосы безопасности шириной 1 м и среднюю полосу, которая может иметь как твердое покрытие, рекомендуемое при ширине таких полос менее 2 м, так и одерновку (засев трав).

На центральной разделительной полосе возможно устройство опор искусственных сооружений и дорожных знаков, ограждений, водосборных и водоотводных сооружений, устройств, препятствующих ослеплению водителей светом фар встречных автомобилей.

Ширину разделительной полосы между разными направлениями движения на дорогах категории IB рекомендуется принимать равной 5 м, а на дорогах категории IA – 6 м.

Ширину разделительной полосы допускается уменьшать до ширины, равной ширине полосы для установки ограждений плюс 2 м на следующих участках автомобильных дорог:

- категории IV;
- категорий IA и IB, проложенных в горной местности, на искусственных сооружениях (мостах, путепроводах), при устройстве дорог в застроенных районах и т. д., при технико-экономическом обосновании.

Переход от уменьшенной ширины разделительной полосы к ширине полосы, принятой на дороге, следует осуществлять с обеих сторон с отгоном 100:1.

Разделительные полосы предусматривают с разрывами через 5 – 7 км для организации пропуска движения транспортных средств и для проезда специальных машин в периоды ремонта дорог. Величину разрыва устанавливают расчетом с учетом состава транспортного потока и радиуса поворота автомобиля или, если не производится расчет, величиной, равной 30 м. В периоды, когда они не используются, их следует закрывать специальными съёмными ограждающими устройствами.

Ширину разделительной полосы на участках дорог, где в перспективе может потребоваться увеличение количества полос движения, принимают равной:

- не менее 13,5 м – для дорог категории IA,
- не менее 12,5 м – для дорог категории IB.

Разделительную полосу допускается устраивать с вогнутым или выпуклым поперечным профилем, а также без поперечного уклона. Вогнутый поперечный профиль разделительной полосы рекомендуется принимать во всех случаях устройства двускатного поперечного профиля проезжих частей, а также при одностороннем поперечном профиле проезжих частей автомагистрали, в зонах с осенне-весенним и зимним расчетным периодом.

Выпуклый поперечный профиль и профиль без поперечного уклона можно устраивать при ширине полосы до 5 м, при наличии на разделительной полосе твердого покрытия, а также в районах с засушливым климатом. При уклоне поверхности разделительной полосы к середине предусматривают устройство специальных коллекторов для отвода воды.

Поперечные уклоны разделительной полосы с вогнутым и выпуклым поперечным профилем принимаются 20 ‰–50 ‰ при устройстве

твёрдого покрытия и 100 ‰–150 ‰ при укреплении засевом трав и одерновкой.

С целью повышения скоростей движения, пропускной способности, удобства и безопасности движения по автомобильным дорогам их проезжую часть сопрягают с земляным полотном при помощи укрепленных обочин. В неблагоприятных грунтово-гидрологических условиях укреплением обочин защищают земляное полотно от проникновения поверхностных вод, предохраняют проезжую часть дороги от разрушения и загрязнения. Укреплением обочин обеспечивают более полный перенос снега в зимний период, облегчают содержание дороги, а также организацию движения при проведении на проезжей части ремонтных работ.

По своему назначению обочины (по ширине) разделяют (рис. 2.84):

- на краевую полосу, служащую упором для дорожной одежды проезжей части дороги;
- укрепленную часть обочины вместе с краевой полосой, образующую остановочную полосу, предназначенную для вынужденной остановки автомобилей. К ней относятся также специально устраиваемые на обочине или выносном участке для этой же цели остановочные площадки;
- грунтовую часть обочины, не имеющую дорожной одежды и служащую переходной зоной от обочины к откосу.

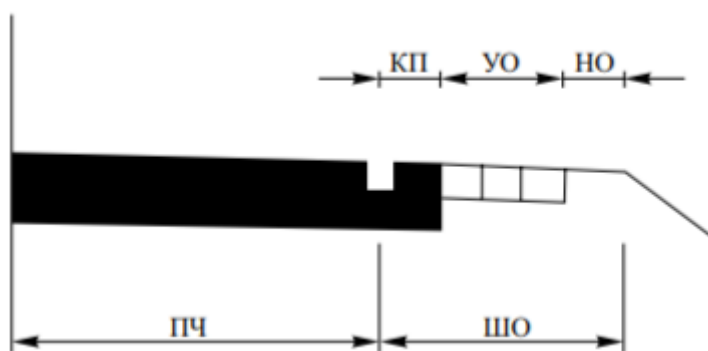


Рис. 2.84

КП – краевая полоса; УО – укрепленная часть обочины; НО – неукрепленная часть обочины; ШО – общая ширина обочины; ПЧ – проезжая часть.

Ширину обочин принимают в соответствии с данными табл. 23.

Таблица 23

Ширина элемента поперечного профиля		Категория автомобильной дороги						
		IA	IB	IV	II	III	V	
Обочина, м		3,75		3,75 / 3,5	3	2,5	2	1,75
Укреплённая часть обочины (стояночная полоса)	Всего	2,5			2,0	1,5	1	—
	В том числе краевой полосы	0,75			0,5			—

Примечание. В числителе приведены данные для обычных условий проектирования, в знаменателе – для стесненных.

Поперечные уклоны обочин при двускатном поперечном профиле принимают на 10 – 30 % больше поперечных уклонов проезжей части. В зависимости от климатических условий и типа укрепления обочин допускаются следующие величины поперечных уклонов:

- 30 – 40 % – при укреплении с применением вяжущих;
- 40 – 60 % – укреплении гравием, щебнем, шлаком или замощении каменными материалами и бетонными плитами;
- 50 – 60 % – укреплении дернованием или засевом трав.

Для районов с небольшой продолжительностью снегового покрова и отсутствием гололеда для обочин, укрепленных дернованием, может быть допущен уклон 50 %–80 %. При устройстве земляного полотна из крупно- и среднезернистых песков, а также из тяжелых суглинистых грунтов и глин уклон обочин, укрепленных засевом трав, допускается принимать равным 40 %.

Крутизну откосов насыпей высотой до 3 м на дорогах категорий I–III назначают с учетом обеспечения безопасного съезда транспортных средств в аварийных ситуациях, как правило, не круче 1:4, а для дорог остальных категорий при высоте откоса насыпи до 2 м – не круче 1:3. Поверхность откоса должна быть ровной.

На откосе и в пределах полосы отвода на расстоянии 15 м от кромки проезжей части следует удалить все предметы или сооружения, с которыми может столкнуться автомобиль, съезжающий с дороги.

Пологие откосы способствуют беспорядочному съезду и въезду автомобилей на дорогу, места которых концентрируются на участках, проходящих вдоль сельскохозяйственных угодий, живописных мест, населенных пунктов. Для предотвращения этого на перечисленных участках необходимо особенно тщательно учитывать схему местных дорог и организацию подъездов, а при необходимости устраивать ограждения.

На участках ценных земель, а также на насыпях высотой более 3 м (на прочном основании) крутизну откосов назначают в соответствии с табл. 24 с разработкой мероприятий по обеспечению безопасности движения.

Таблица 24

Грунт насыпи	Наибольшая крутизна откосов при высоте насыпи, м		
	До 6	До 12	
		В нижней части (0-6)	В верхней части (6-12)
Глыбы из слабо-выветривающихся пород	1:1-1:1,3	1:1,3-1:1,5	1:1,3-1:1,5
Крупнообломочные и песчаные (за исключением мелких и пылеватых песков)	1:1,5	1:1,5	1:1,5
Песчаные мелкие и пылеватые, глинистые и лессовые	1:1,5 / 1:1,75	1:1,5 / 1:2	1:1,5 / 1:1,75

Примечания:

1. В числителе даны значения для пылеватых разновидностей грунтов в дорожно-климатических зонах II, III и для однородных мелких песков.
2. Высота откоса насыпи определяется разностью отметок верхней и нижней бровок откоса. При наличии косогорности высота откоса насыпи определяется разностью отметок верхней и нижней бровок низового откоса.
3. Наибольшую крутизну откоса насыпей из мелких барханных песков в районах с засушливым климатом назначают 1:2 независимо от высоты.

Крутизна откосов насыпей, предполагает их укрепление методом травосеяния или одерновки. При применении более капитальных методов укрепления, например с использованием геосинтетических материалов, крутизна может быть увеличена при соответствующем обосновании.

В случае слабых оснований, использования в насыпях глинистых грунтов повышенной влажности, а также подтопляемых насыпей конструкцию поперечного профиля насыпи назначают на основе расчетов или проверяют расчетом возможность применения типового поперечного профиля.

Поперечные профили автомобильных дорог различной категории приведены на рисунках 2.85-2.91-. При наличии вдоль обочины барьерных ограждений поперечный профиль следует проектировать в соответствии с узлом (рис. 2.92).

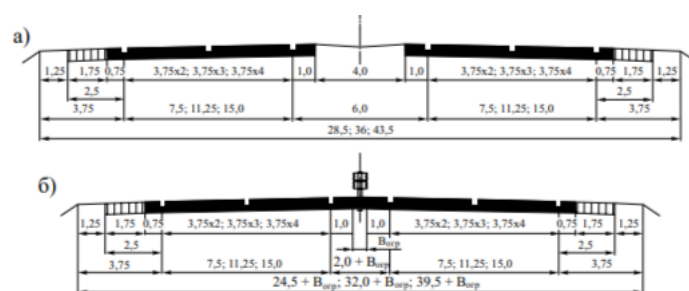


Рис. 2.85. Типовые поперечные профили дорог категории IA для расчетной скорости 150 км/ч без ограждений (а), с ограждением (б) (конструкция ограждения показана условно)

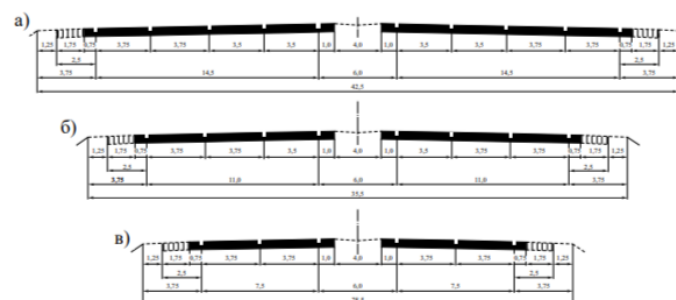


Рис. 2.86. Типовые поперечные профили дорог категории IA для расчетной скорости 60–120 км/ч без ограждений (а, б, в)

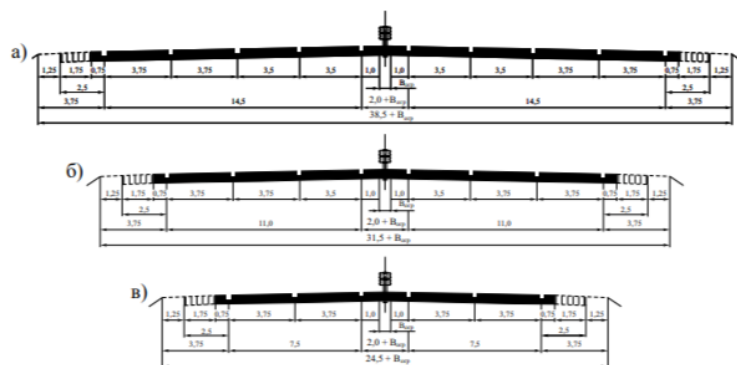


Рис. 2.87. Типовые поперечные профили дорог категории IA для расчетной скорости 60–120 км/ч с ограждением (а, б, в) (конструкция ограждения показана условно)

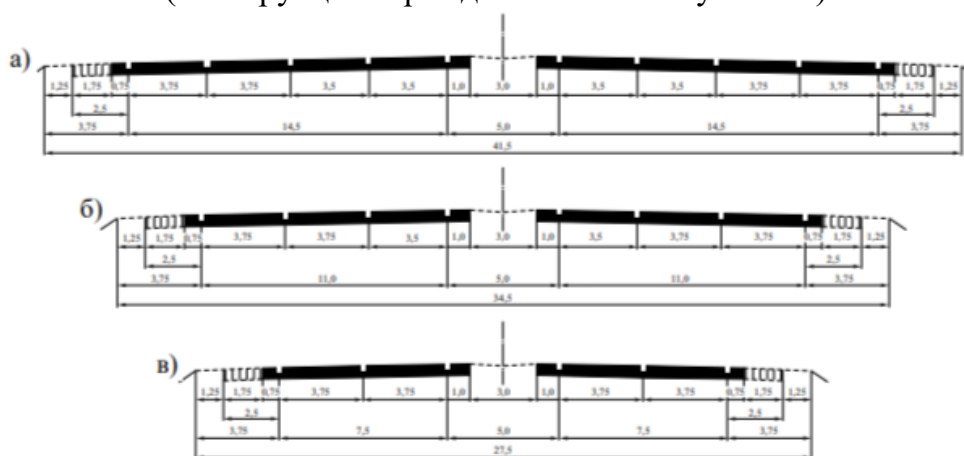


Рис. 2.88. Типовые поперечные профили дорог категории IB без ограждений (а, б, в)

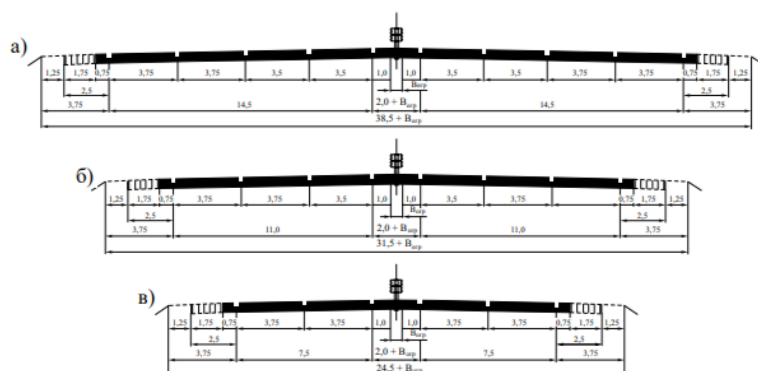


Рис. 2.89. Типовые поперечные профили дорог категории IB с ограждением (а, б, в) (конструкция ограждения показана условно)



Рис. 2.90. Типовые поперечные профили дорог категории IV (а, б, в)
(конструкция ограждения показана условно)

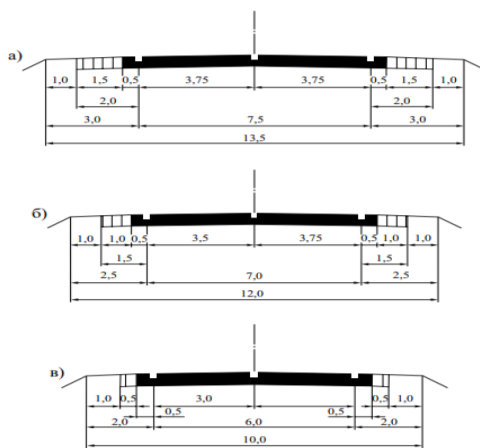


Рис. 2.91. Типовые поперечные профили дорог
категорий II (а); III (б); IV (в); V(г)

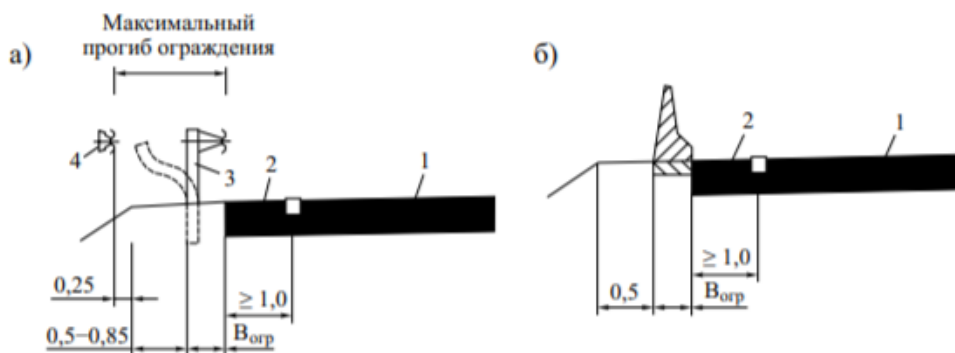


Рис. 2.92. Типовые узлы устройства ограждения. а, б – ограждения
соответственно металлическое и цементобетонное; 1 – проезжая часть;
2 – обочина; 3 – барьерное ограждение;
4 – положение максимального смещения бруса ограждения

2.6. Проектирование водоотводных сооружений

Система дорожного водоотвода — комплекс инженерных сооружений, предназначенных для отвода поверхностных и подземных (грунтовых) вод с целью обеспечения надежной и безопасной работы всех сооружений и конструктивных элементов: обеспечения устойчивости земляного полотна, прочности дорожной одежды, устойчивости искусственных сооружений (мостов, путепроводов, эстакад, тоннелей) на проектируемой автомобильной дороге [7].

Для отвода поверхностных вод и защиты от них необходимо предусматривать в соответствии с ГОСТ 33100—2014 (пункты 7.29. 7.30) следующие мероприятия:

- поперечные уклоны на проезжей части и обочинах;
- боковые продольные канавы, кюветы, поперечные канавы;
- нагорные канавы;
- испарительные бассейны;
- прикромочные (продольные) и откосные телескопические (поперечные) лотки;
- дождеприемные колодцы и ливневую канализацию;
- мосты и трубы.

Для отвода грунтовых (подземных) вод следует предусматривать с учетом ГОСТ 33100—2014 (пункт 7.29) следующие мероприятия.

- сооружения подземного водоотвода (дренажи глубокого заложения, дренажные прорези, дренажи мелкого заложения, подкюветные дренажи, закюветные дренажи и т. д., обеспечивающие перехват и отвод грунтовых вод, снижая их негативное воздействие на дорожные конструкции);
- дренирующие слои земляного полотна или дренирующих прослоек из геосинтетических материалов и геокомпозитов.

При проектировании водоотвода учитывают следующие факторы;

- дорожно-климатическую зону (далее — ДКЗ);
- конструкцию земляного полотна;
- категорию автомобильной дороги;
- количество полос движения;
- наличие разделительной полосы;
- площадь водосбора;

- грунты и тип местности по условиям увлажнения;
- рельеф прилегающей местности.

Допускается проектирование водоотвода с различными комбинациями водоотводных сооружений.

Продольный уклон водоотводных сооружений следует устанавливать с учетом особенностей рельефа местности, характера грунтов, в которых будет устроен водоотвод, и наличия местных строительных материалов для его укрепления.

По функциональному назначению различают:

- систему поверхностного водоотвода.
- систему подземного водоотвода;
- водопропускные сооружения.

Система поверхностного водоотвода выполняется:

- открытой;
- закрытой;
- смешанной.

Система подземного водоотвода включает в себя;

- дренирующие слои дорожной одежды;
- перехватывающие и понижающие дренажи.

К водопропускным сооружениям относят;

- трубы;
- мосты.

Элементы открытой системы водоотвода: поперечные уклоны на проезжей части и обочинах, боковые продольные канавы, кюветы, поперечные канавы, нагорные канавы, испарительные бассейны. прикромочные (продольные) лотки, откосные телескопические (поперечные) лотки, мосты, трубы.

Элементы закрытой системы водоотвода: дренажная система, дождеприемные колодцы, ливневая канализация, очистные сооружения.

Смешанный тип водоотвода состоит из элементов закрытой и открытой сети.

Способы отведения поверхностной воды:

- отвод воды с покрытия проезжей части и обочин — поперечными уклонами, прикромочными (продольными) лотками, откосными телескопическими (поперечными) лотками;

- отвод воды от земляного полотна насыпей — боковыми (продольными) канавами, поперечными канавами, резервами;
- отвод воды от земляного полотна выемок — кюветами;
- отвод воды, стекающей к автомобильной дороге с нагорной стороны склона — нагорными канавами.

Требования к проектированию поперечного уклона проезжей части и обочин при односкатном поперечном профиле:

1. Водоотвод с поверхности автомобильных дорог на кривых в плане радиусом менее 3000 м на дорогах I категории и 2000 м на дорогах других категорий необходимо обеспечить устройством односкатного поперечного профиля (виража).

2. Поперечные уклоны проезжей части и обочин на автомобильных дорогах с односкатным поперечным профилем выполняют по ГОСТ 33475—2015 (пункты 3.15, 3.19).

При двускатном поперечном профиле:

1. С целью своевременного отвода воды с поверхности покрытия следует предусматривать устройство проезжей части с двускатным поперечным профилем на прямолинейных участках автомобильных дорог.

2. Двускатный поперечный профиль необходимо проектировать на кривых в плане с радиусом 3000 м и более для автомобильных дорог I категории и радиусом 2000 м и более для автомобильных дорог II—IV категорий.

3. Поперечный уклон проезжей части следует принимать в зависимости от категории автомобильной дороги, типа покрытия, числа полос движения и климатических условий района проектирования по табл. 25.

Таблица 25

Категория автомобильной дороги	Полоса движения	Поперечный уклон, %, для	
		II-IV ДКЗ	V ДКЗ
I	Первая и вторая полосы от разделительной полосы	25	15
	Третья и последующие полосы		20
II-IV	Каждая	20	15

Величину поперечных уклонов обочин на прямолинейных участках и на кривых в плане без наличия виража необходимо принимать больше величины поперечных уклонов проезжей части во избежание застоя воды на обочинах и их размывов.

С целью повышения уровня безопасности и удобства движения рекомендуется устраивать краевую полосу обочины по типу основной проезжей части по ГОСТ 33475— 2015 (пункт 2.1), а остальную часть обочины укреплять с применением вяжущих, щебнем, гравием, шлаком, бетонными плитками или засевом трав в зависимости от климатических условий и назначения автомобильной дороги.

В зависимости от типа укрепления обочин следует назначать следующие величины поперечных уклонов:

- от 30 до 40 ‰ — при укреплении с применением вяжущих и бетонными плитами;
- от 40 до 60 ‰ — при укреплении гравием, щебнем, шлаком или замощении каменными материалами;
- от 50 до 60 ‰ включительно — при укреплении дернованием или засевом трав.

Для районов с небольшой продолжительностью снегового покрова и отсутствием гололеда для обочин, укрепленных дернованием, рекомендуется уклон от 50 до 80 ‰. При устройстве земляного полотна из крупно- и среднезернистых песков, а также из тяжелых суглинистых грунтов и глин уклон обочин, укрепленных засевом трав, допускается принимать равным 40 ‰.

Для защиты откосов земляного полотна от разрушающего воздействия их допускается укреплять засевом трав, тяжелыми грунтами в соответствии с требованиями ГОСТ 33063— 2014 (пункт 4.4), органическими вяжущими, сборными бетонными конструкциями, габионами, конструкциями с применением геосинтетических материалов.

Боковые продольные каналы и кюветы служат для отвода воды, стекающей во время дождя

и таяния снега с поверхности автомобильной дороги и прилегающей к ней местности, а также способствуют осушению верхней части земляного полотна в связи с испарением влаги с внутренних откосов боковых продольных канав и кюветов.

В насыпях менее 1,5 м на местности с поперечным уклоном менее 20 ‰ на участках с переменной сторонностью поперечного уклона боковые продольные каналы трапецеидального сечения необходимо проектировать с двух сторон земляного полотна.

На местности с поперечным уклоном, направленным в сторону земляного полотна, следует предусматривать сплошной продольный водоотвод на протяжении от каждого водораздела до мест, где возможен отвод воды в сторону от земляного полотна.

В водопроницаемых песчаных, щебенистых и гравелистых грунтах, обеспечивающих быстрое впитывание воды в любое время года, боковые продольные каналы не устраивают. К водопроницаемым грунтам относятся грунты, если значение их коэффициента фильтрации более 0.3 м/сут.

Расстояние между бровкой продольной канавы и кромкой проезжей части рекомендовано принимать не менее 7 м в насыпях из супесей и не менее 3 м — из суглинков и глин.

Кюветы необходимо устраивать при сооружении автомобильной дороги в выемках и у малых насыпей.

Кюветы следует размещать с двух сторон земляного полотна.

На водонепроницаемых грунтах во избежание застоя поверхностной воды боковым продольным канавам следует придавать трапецеидальное сечение. Минимальная ширина дна трапецеидальных канав должна составлять 0.6 м (рис. 2.92).

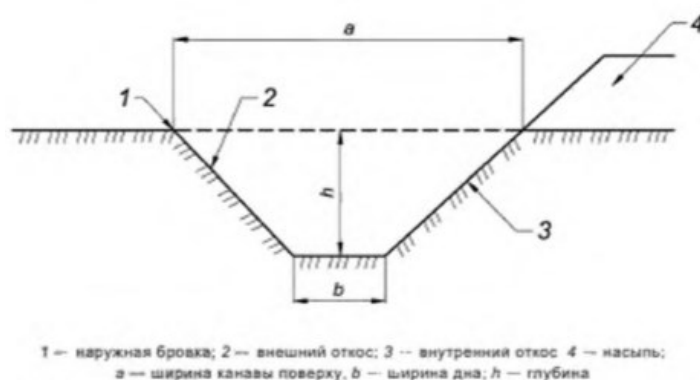


Рис. 2.92

Боковые продольные каналы треугольного сечения следует устраивать в насыпях высотой до 0.8 м в супесчаных и песчаных пылеватых грунтах при залегании грунтовых вод ниже дна канавы не менее чем на 0.5 м (рис. 2.93).

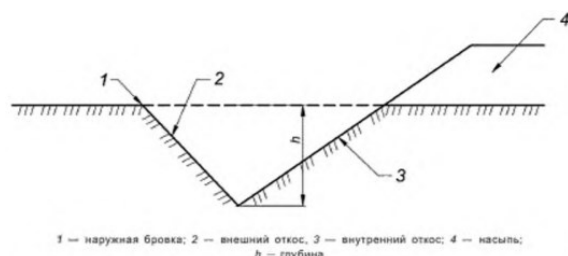


Рис. 2.93

В водонепроницаемых грунтах, а также в гравелистых и щебенистых следует устраивать трапециевидальные кюветы. В скальных грунтах необходимо предусматривать кюветы треугольного сечения.

В водопроницаемых песчаных грунтах кюветы, как правило, не устраивают. Кюветы проектируют в том случае, когда требуется выпуск воды из дренирующих слоев дорожной одежды.

Установив крутизну откосов и ширину боковой продольной канавы и кювета по дну, необходимо назначать продольный уклон сооружения и затем подбирать глубину воды в нем. Минимальная глубина боковой продольной канавы и кювета на автомобильных дорогах должна быть такой, чтобы расстояние от дна сооружения до низа дренажных устройств, отводящих воду от основания проезжей части, было не менее 0,20 м. Бровка боковой продольной канавы и кювета должна возвышаться над уровнем воды не менее чем на 0.20 м [8].

Параметры водоотводных сооружений следует назначать на основании гидравлических расчетов типовых конструкций, но не менее величин, приведенных в табл. 19.

Продольный уклон боковых продольных канав и кюветов следует принимать не менее 5 ‰ и в исключительных случаях — не менее 3 ‰.

Минимальную глубину (расстояние от дна сооружения до уровня поверхности земли) боковых продольных канав и кюветов следует назначать в соответствии с табл. 26. При невозможности пропуска расчетного расхода воды сечение боковых продольных канав и кюветов

требуется увеличить за счет их углубления при сохранении минимальной ширины дна.

Таблица 26

Водоотводные сооружения	Ширина дна, м	Глубина, м	Крутизна внешнего откоса грунтов		Возвышение бровки над расчётным уровнем воды, м
			водонепроницаемых	водопроницаемых	
Боковые продольные каналы треугольные	-	0,4	1:1,5	-	0,2
Боковые продольные каналы трапециевидальные	0,6	0,6	1:1,5		
Забанкетные каналы	0,4		1:1,5	1:2	-
Кюветы треугольные	-	0,4	1:1	1:1,5	0,2
Кюветы трапециевидальные	0,4				

При ширине земляного полотна более 11 м боковые продольные каналы и кюветы должны иметь глубину в пределах от 0,5 до 1,2 м. при ширине 11 м и менее — от 0,4 до 0,9 м. Нижний предел глубины принимается для песчаных и супесчаных грунтов, верхний — для суглинистых и глин.

Замкнутые резервы следует устраивать на участках с дренирующими грунтами в районах с засушливым климатом и в районах распространения подвижных песков. Поперечный уклон дна резерва должен быть не менее 10 ‰. При ширине резерва до 10 м его проектируют однокатным с поперечным уклоном от земляного полотна, а при ширине более 10 м — двухскатным с уклоном от краев резерва к его середине.

Достаточность поперечного сечения водоотводных сооружений следует проверять на пропуск расчетного расхода воды, вероятность превышения которого для автомобильных дорог I и II категорий со-

ставляет 2 %, III категории — 3 %, IV категории — 4 %; при проектировании системы поверхностного водоотвода мостов вероятность превышения рекомендуется принимать по ГОСТ 33384— 2015 (пункт 8.8.1) на автомобильных дорогах I и II категорий — 1 %, III категории — 2 %, IV категории — 3 %.

Выпуск воды из водоотводных канав и кюветов в пониженные места рельефа местности допускается при условии, что это не вызовет заболачивания местности и застоя воды у прилегающего земляного полотна. В случае пересечения водоотводными сооружениями территории, где просачивание поверхностного стока в грунт угрожает устойчивости откосов выемок, основания земляного полотна и прилегающей к нему территории, водоотводные каналы, кюветы и резервы необходимо устраивать с соответствующей гидроизоляцией, а поверхность слоя гидроизоляции укреплять от размыва и разрушения с учетом гидравлических характеристик потока.

Укрепление водоотводных канав следует выполнять в зависимости от продольного уклона дна канавы по табл. 27.

Таблица 27

Тип укрепления	Уклоны, ‰	
	В песчаных и супесчаных грунтах	В суглинистых грунтах и глинах
Без укрепления	До 10	До 20
Засев трав	От 10 до 25	От 20 до 25
Щебневание, георешетки	От 25 до 50	
Монолитный бетон	Более 30	
Габионы	Более 50	
Торкрет-бетон		
Матрацы «Рено»		
Геоматы		
Бетонные лотки и перепады		
Лотки из композиционных материалов		

При скорости течения потока в водоотводной канаве больше допустимой (неразмывающей) следует предусматривать водогасящие устройства — перепады, быстроток с водобойными колодцами и т. д.

При уклонах местности более 50 ‰ в канавах следует устраивать перепады и энергогасители в виде колодцев из сборного бетона по ГОСТ 8020—2016.

При строительстве автомобильных дорог в районах с высокой сейсмичностью и возможностью возникновения толчков силой более 7 баллов по шкале Рихтера следует производить дополнительные расчеты на устойчивость откосов выемок в случае расположения в них водоотводных канав и перепадов; самих водоотводных конструкций; достаточности заглубления упоров фундаментов и зубьев в соответствии с требованиями. Типовые решения водоотводных конструкций рассчитаны на воздействие толчков силой 7 баллов, поэтому дополнительные расчеты для случая возникновения более слабых толчков не требуются.

Быстротоки монолитные и сборные железобетонные необходимо устраивать на крутых спусках при продольных уклонах участка более 30 ‰. в местах выхода водоотводных канав в овраги, суходолы и другие пониженные места. Поперечное сечение быстротока назначают прямоугольным или трапецеидальным с минимальной шириной дна от 0,6 м.

Гасители энергии представлены в виде водобойных колодцев, уступов, стенок, каменной наброски, бетонных блоков и плит с гибкими связями.

Водобойные колодцы и стенки следует располагать на склонах крутизной более 10 ‰ для гашения энергии водного потока. Допускается применение типовых конструкций водобойных колодцев 2,0; 2,5; 4,0 м и индивидуальных конструкций.

Перепады следует устраивать для уменьшения скорости течения воды в кюветах, канавах, резервах, подводящих и отводящих руслах:

- одноступенчатые перепады без гасителей энергии при продольном уклоне трассы водоотвода, обеспечивающемся получение высоты ступени не более 0,5 м;
- многоступенчатые перепады без гасителей энергии, неколодезного типа, при продольном уклоне трассы водоотвода от 50 ‰ до 60 ‰;
- многоступенчатые перепады с гасителями энергии колодезного типа при продольном уклоне от 100 ‰ до 350 ‰ и расходах более 1 м³/с.

Практическая работа № 5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОПЕРЧЕННОГО ПРОФИЛЯ В «КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ»

Цель работы: освоить навыки проектирования конструкции дорожной одежды в поперечном профиле автомобильной дороги заданной категории в программе «КРЕДО Проектирование» с использованием ранее полученных данных (продольного профиля из практической работы № 4 и конструкции дорожной одежды из практической работы № 6).

Задание: в программе «КРЕДО Проектирование» открыть файл с продольным профилем (из работы № 4) и загрузить данные о конструкции дорожной одежды (из работы № 6), создать поперечный профиль дороги соответствующей категории (с соблюдением СП, ГОСТ и др.), задав параметры земляного полотна (уклоны, заложения откосов, ширину проезжей части и обочин), слои дорожной одежды (типы материалов, толщины), элементы водоотвода (кюветы, канавы и т.п.) и другие конструктивные элементы — при необходимости, настроить оформление профиля (маркировка слоёв, выноски, размеры), проверить соответствие проектной документации, нормативных уклонов и согласованность с продольным профилем, а затем сформировать и экспортировать чертёж поперечного профиля (например, в формате DWG).

Ход работы: откройте программу КРЕДО Проектирование и перейдите во вкладку «Профиль трассы» (см. рис. 2.94).

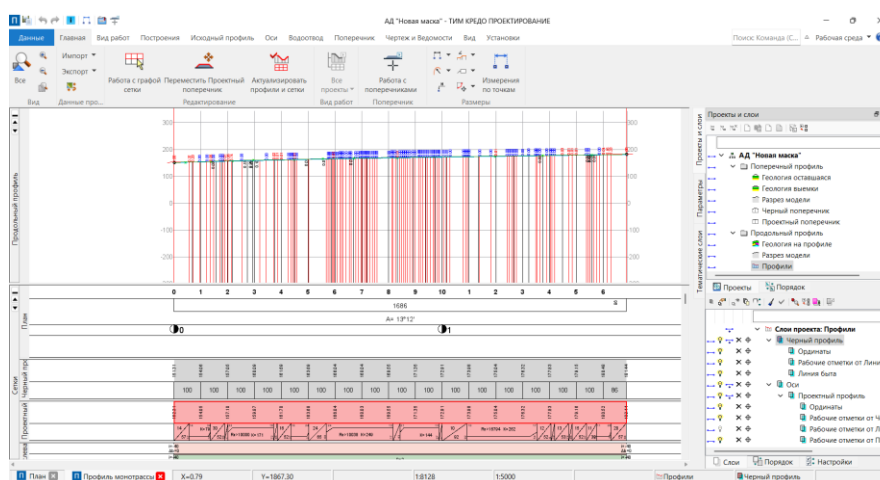


Рис. 2.94

Перейдите во вкладку «Поперечник», выберите «Типовые конструкции» (см. рис. 2.95).

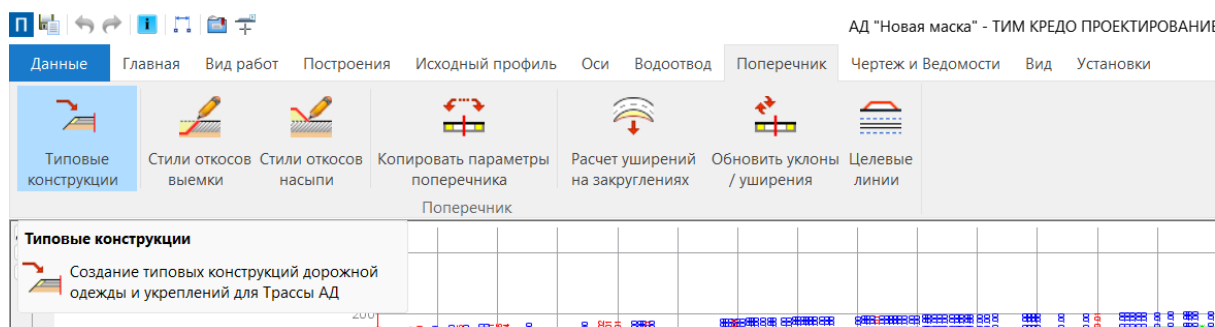


Рис. 2.95

В программе КРЕДО Проектирование можно самостоятельно создать конструкцию из слоёв. В данном случае мы загружаем расчёт дорожной одежды из КРЕДО РАДОН: нажимаем кнопку «Импортировать файлы из Радона», выбираем нужный расчёт (см. практическую работу № 6) и выполняем загрузку (рис. 2.96).

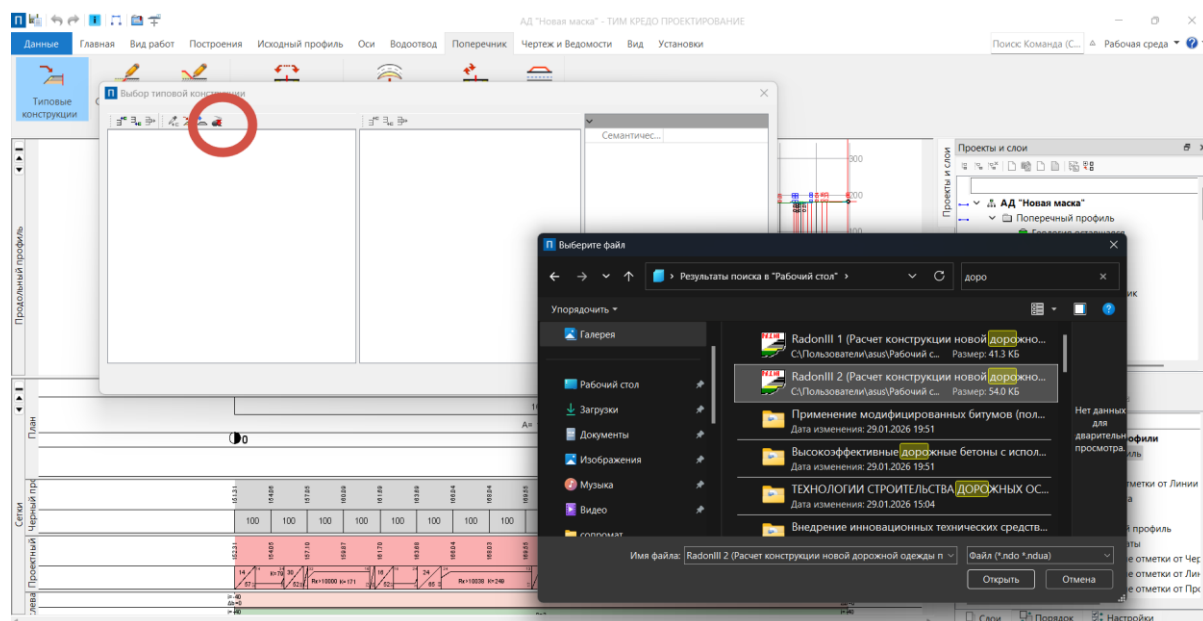


Рис. 2.96

Конструкция дорожной одежды отобразится в окне программы. Нажмите кнопки «Применить» и «ОК» (см. рис. 2.97).

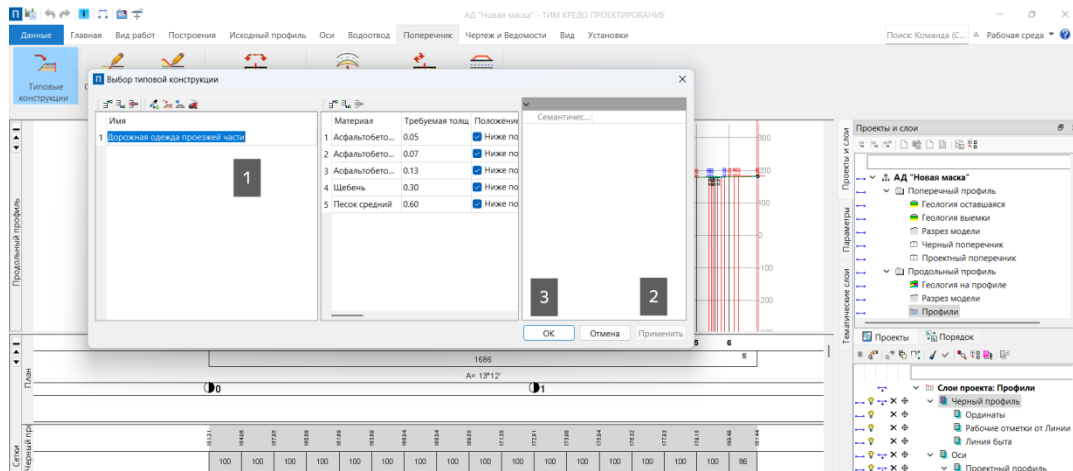


Рис. 2.97

После выполнения предыдущих шагов перейдите во вкладку «Уклоны откосов выемки». В открывшемся диалоговом окне внимательно проверьте заданные значения уклонов.

Поскольку на предыдущем этапе была успешно создана цифровая модель трассы 3-й категории, система автоматически применила нормативные параметры откосов согласно актуализированной редакции СП 34.13330.2021. Это гарантирует соответствие проектных решений действующим строительным нормам. Расположение элементов управления на экране представлено на рисунке 2.98.

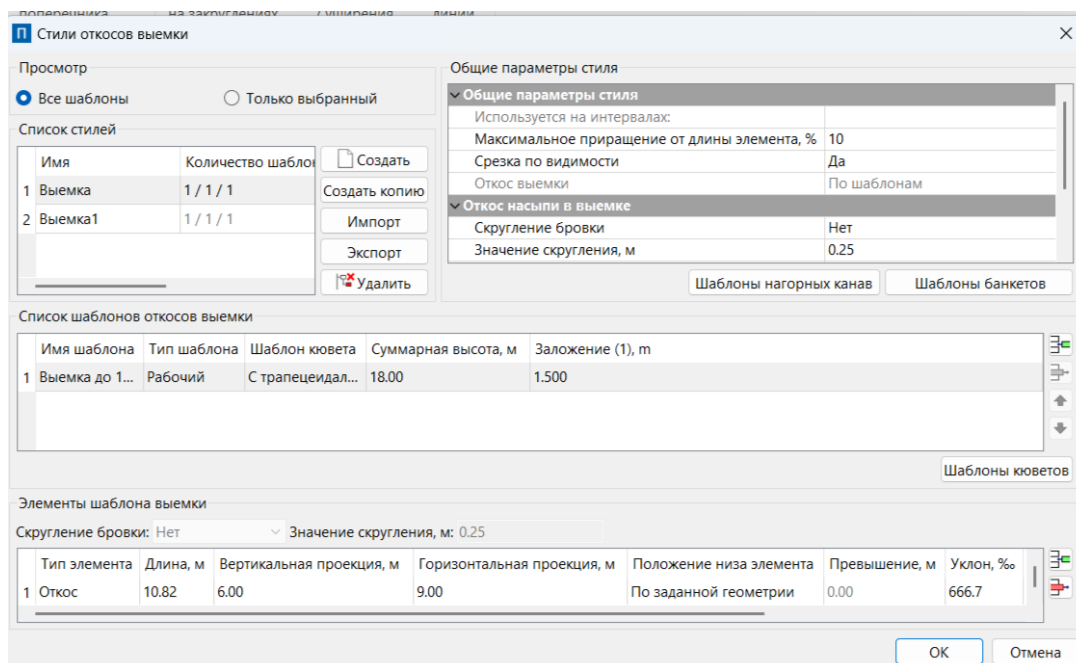


Рис. 2.99

Далее необходимо проверить настройки в разделе «Стили откосов насыпи». Учитывая, что высота насыпей на данном продольном профиле относительно невелика, в проекте достаточно применить всего два типа поперечников.

Это позволяет упростить конструкцию без потери соответствия нормативным требованиям. Расположение соответствующих элементов интерфейса показано на рис. 2.100.

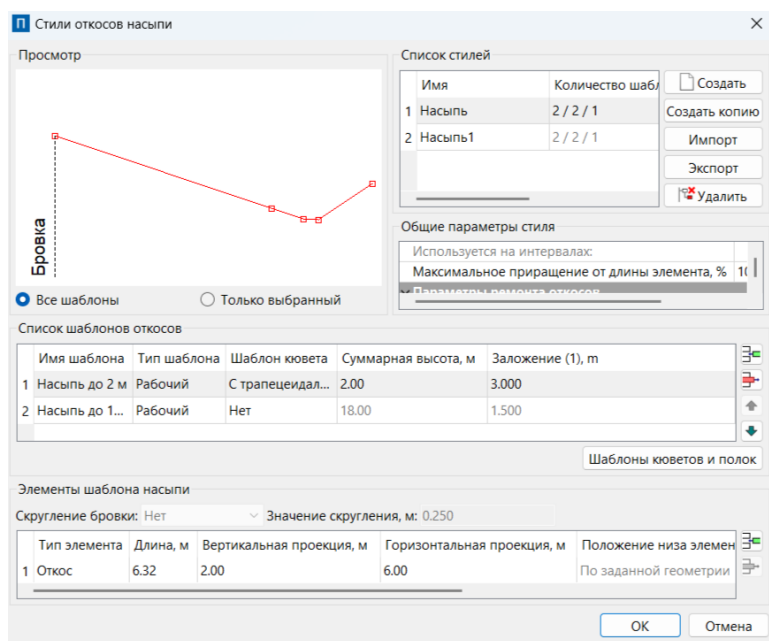


Рис. 2.100

Если вы внесли изменения в стили откосов насыпей и выемок, обязательно примените функцию «Обновить уклоны/уширения». В противном случае изменения не вступят в силу (см. рис. 2.101).

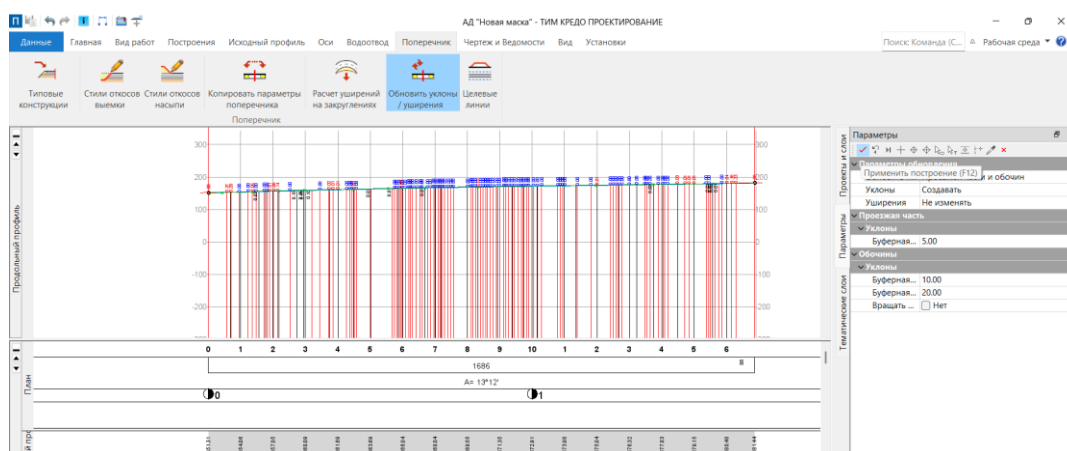


Рис. 2.101

Затем необходимо создать поперечники для их дальнейшей выгрузки. Для этого перейдите к разделу «Чертежи поперечного профиля», который обычно располагается под чертежами продольного профиля (см. рис. 2.102).

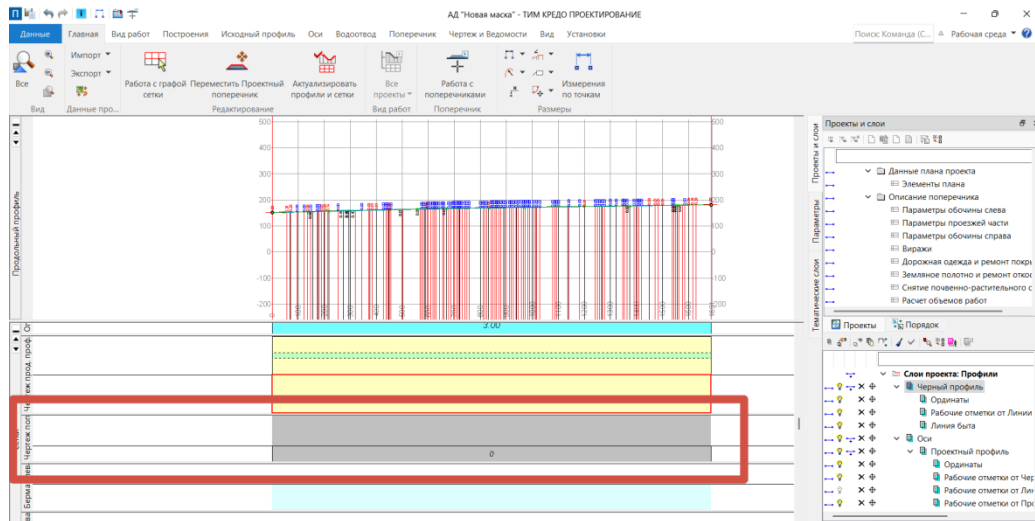


Рис. 2.102

Выберите верхнее серое поле, затем активируйте функцию «Создать точки по параметрам» (см. рис. 2.103).

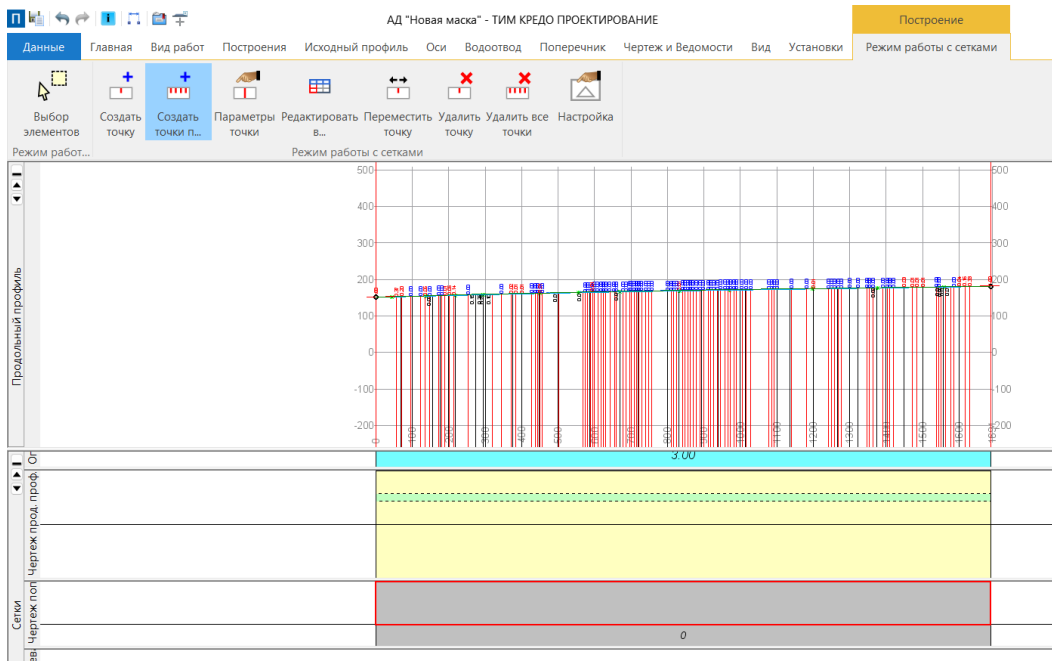


Рис. 2.103

В параметрах укажите, что создание выполняется только на ПК и учитывается только проектный профиль. Нажмите кнопку с красной галочкой. В сером поле отобразятся отметки поперечников (см. рис. 2.104).

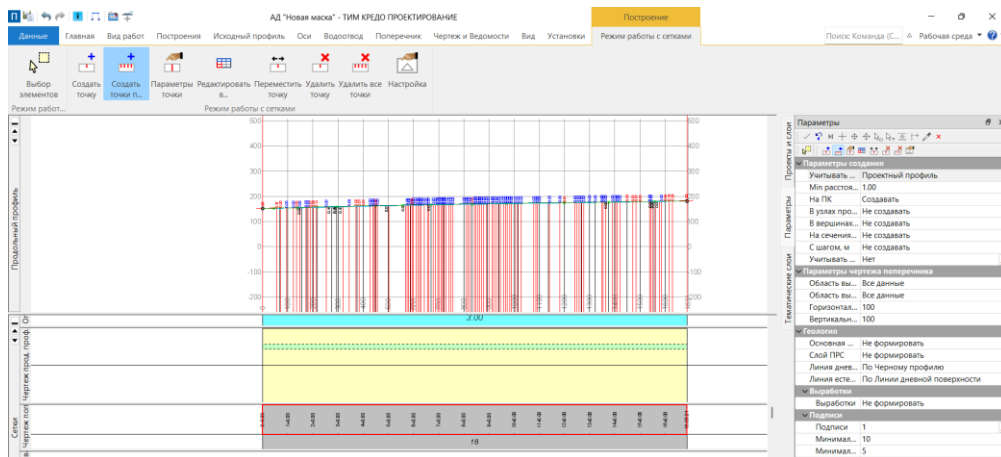


Рис. 2.104

Закройте метод. Перейдите к нижнему серому полю. В данном случае на выгрузке будет 18 поперечников. Настройте параметры: рекомендуется выбрать шаблон сетки ГОСТ 21.701-2013, форма 11 («Поперечный профиль земляного полотна АД»). Шаблон чертежей — на ваше усмотрение. Нажмите кнопку «Применить к чертежу», затем — кнопку с красной галочкой (см. рис. 2.105).

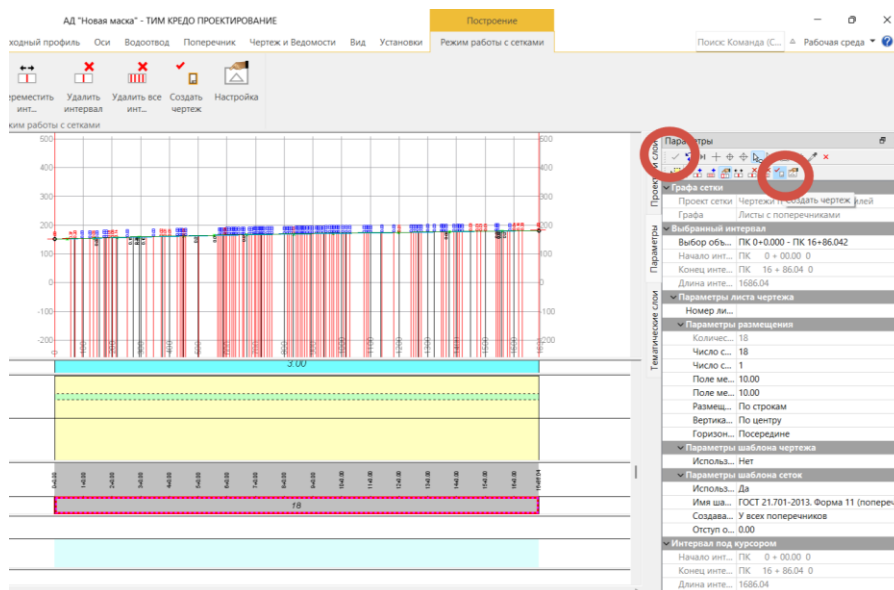


Рис. 2.105

Программа автоматически перенесёт вас на вкладку «Чертежи профиля» (см. рис. 2.106).

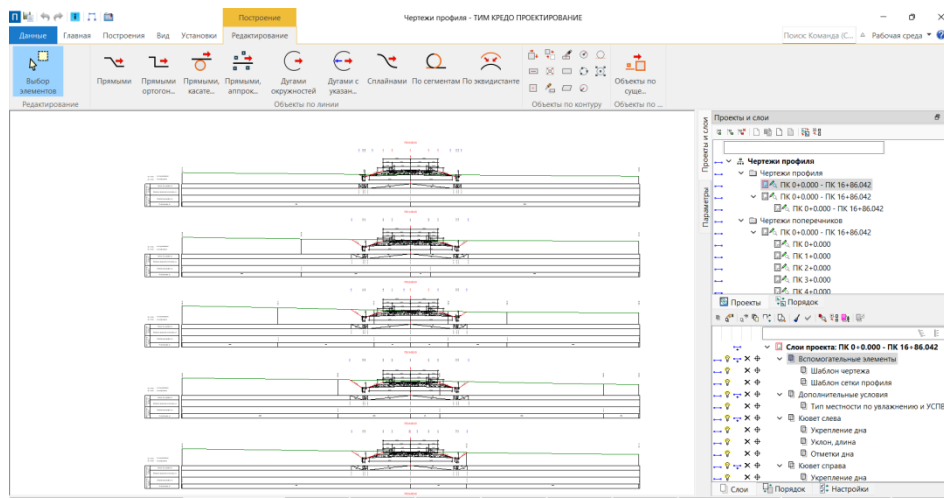


Рис. 2.106

Для дальнейшего редактирования в nanoCAD перейдите на вкладку «Данные», выберите «Экспорт», укажите нужную область и выгрузите данные на рабочий стол (см. рис. 2.107).

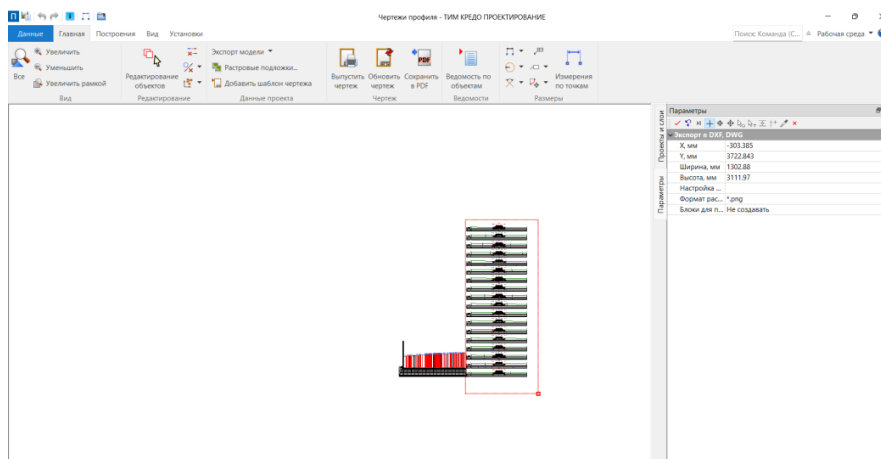
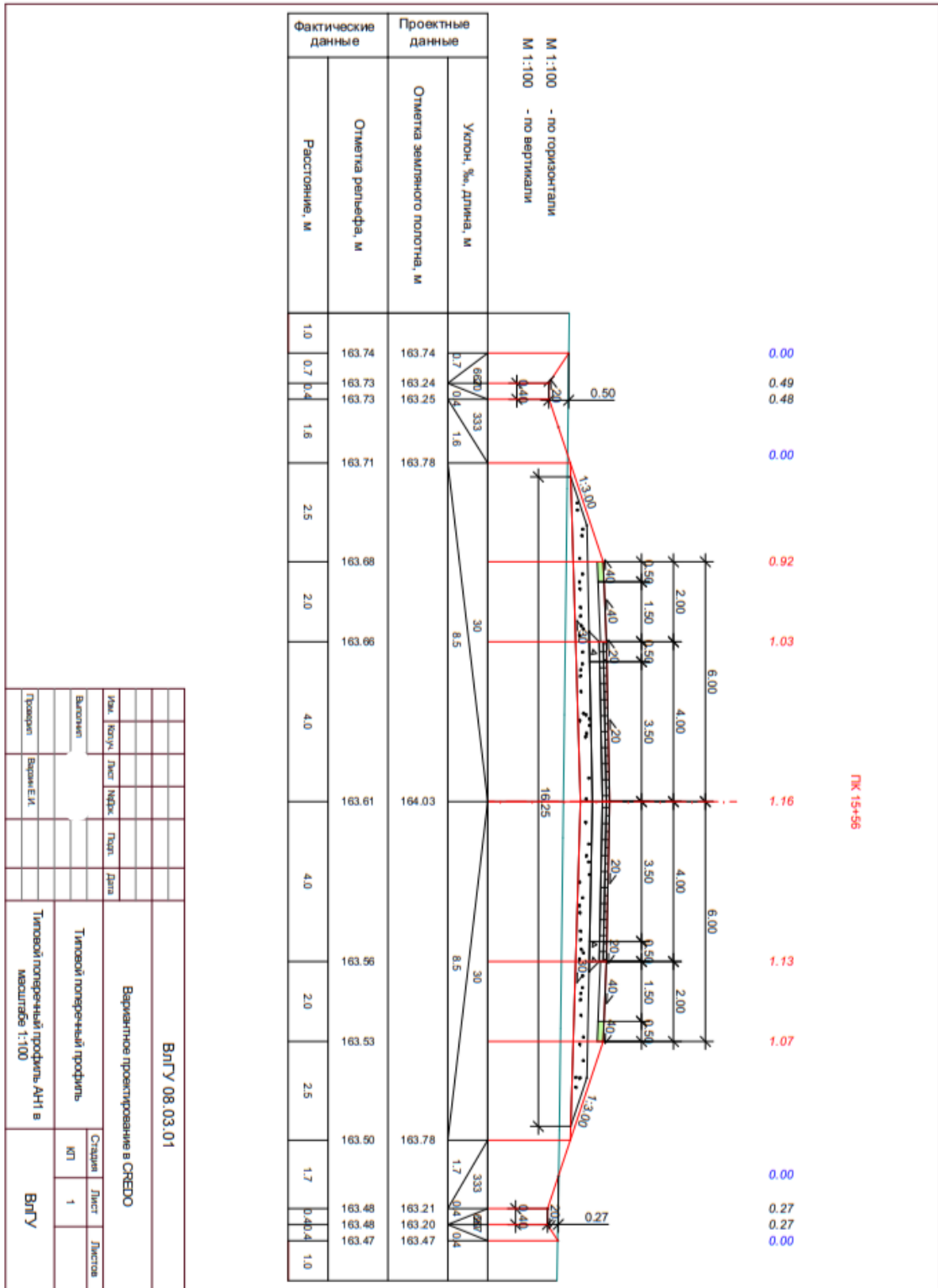


Рис. 2.107

Перейдите в программу nanoCAD для редактирования поперечного профиля. В процессе работы ориентируйтесь на установленные требования к оформлению чертежей. Для наглядности ниже приведён пример правильно оформленного поперечного профиля — он показан на рисунке 2.108. Используйте его в качестве эталона при внесении изменений.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ



Контрольные вопросы к теме

1. Что представляет собой цифровая модель местности (ЦММ) и из каких компонентов она состоит?
2. В чём разница между цифровой моделью рельефа (ЦМР) и цифровой моделью ситуации (ЦМС)?
3. Какие исходные данные необходимы для создания ЦММ в «КРЕДО Проектирование»?
4. Какие модули комплекса CREDO используются при проектировании автомобильных дорог?
5. Как импортировать геодезические данные в «КРЕДО Дороги» для построения ЦММ?
6. Какие инструменты «КРЕДО Проектирование» позволяют редактировать точки ЦММ?
7. Что такое продольный профиль автомобильной дороги?
8. Какие основные элементы отображаются на продольном профиле?
9. Как в «КРЕДО Проектирование» создать продольный профиль на основе ЦММ?
10. Какие параметры продольного профиля регламентируются нормативными документами (СП, ГОСТ)?
11. Как в программе настроить отображение рабочих отметок на продольном профиле?
12. Что означает термин «чёрная линия» на продольном профиле и как она формируется?
13. Как выполняется оптимизация продольного профиля в «КРЕДО Проектирование»?
14. Какие методы проектирования продольного профиля доступны в программе?
15. Что такое поперечный профиль автомобильной дороги и для чего он нужен?
16. Какие элементы входят в состав типового поперечного профиля дороги?
17. Как создать серию поперечных профилей вдоль трассы в «КРЕДО Проектирование»?
18. Какие параметры земляного полотна задаются при конструировании поперечного профиля?

Тема 3. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

3.1. Теоретические основы конструирования дорожных одежд

Проектирование дорожных одежд — это сложный инженерный процесс, направленный на создание надежных конструкций, способных выдерживать заданные нагрузки в конкретных условиях эксплуатации. В ходе проектирования специалисты решают комплекс взаимосвязанных задач: выбирают типы дорожных одежд и виды покрытий, определяют количество конструктивных слоев и подбирают материалы для их устройства, рассчитывают оптимальные толщины слоев, обеспечивают морозоустойчивость конструкции, а также организуют эффективный дренаж для защиты от избыточного увлажнения.

При разработке проекта учитывается множество факторов: категория автомобильной дороги, интенсивность и состав движения, дорожно-климатическая зона, тип грунта рабочего слоя земляного полотна, схема увлажнения грунта, наличие и качество дорожно-строительных материалов, возможность поэтапного усиления конструкции, а также обеспеченность строительной техникой.

Все расчёты конструкции дорожной одежды выполняются в соответствии с ГОСТ Р 59120-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. Общие требования», который является основополагающим документом при проектировании автомобильных дорог. В рамках данного стандарта в работе используются следующие сокращения и основные определения, представленные в таблице 28, а также ключевые параметры для расчёта дорожной конструкции, приведённые в таблице 29.

Таблица 28

Сокращение	Полное название
АПВГК	Автоматический пункт весового и габаритного контроля
БНД	Битум нефтяной дорожный
ВСО	Верхний слой основания
ВСП	Верхний слой покрытия
ГПС	Гравийно-песчаная смесь
ДКЗ	Дорожно-климатическая зона
НДС	Напряженно-деформированное состояние
НМР	Номинально максимальный размер минерального заполнителя асфальтобетона
НСП	Нижний слой покрытия
ПБВ	Полимерно-битумное вяжущее
ПГС	Песчано-гравийная смесь
УГВ	Уровень грунтовых вод
УПВ	Уровень поверхностных вод
ЩГПС	Щебеночно-гравийно-песчаная смесь
ЩМА	Щебеночно-мастичный асфальтобетон
ЩПС	Щебеночно-песчаная смесь
SMA	Щебеночно-мастичный асфальтобетон по системе объемно-функционального проектирования

Таблица 29

Категория термина	Термин	Определение
Структурные элементы	Выравнивающий слой	Слой переменной толщины между новым и существующим покрытием/основанием для обеспечения технологических и эксплуатационных параметров, не учитываемый в расчетах на прочность
	Усовершенствованное покрытие	Вид покрытия для капитальных и облегченных типов дорожных одежд из материалов с органическим вяжущим
Расчетные характеристики	Коэффициент динамичности	Коэффициент увеличения нагрузки при динамическом воздействии по сравнению со статическим
	Нормативная осевая нагрузка	Полная нагрузка от наиболее нагруженной оси условного двухосного автомобиля, используемая для расчета дорожной одежды
	Осевая расчетная нагрузка	Максимальная нагрузка на наиболее нагруженную ось для двухосных или приведенную ось для многоосных автомобилей
Показатели надежности	Надежность дорожной одежды	Комплексный показатель способности конструкции сохранять эксплуатационные характеристики в течение срока службы
	Уровень надежности	Вероятность безотказной работы дорожной конструкции в течение расчетного срока службы
Материалы	Малосвязанные материалы	Материалы (лесок и песчано-гравийные смеси), конструктивные слои из которых рассчитывают на прочность по условию сдвигоустойчивости
Временные параметры	Расчетный период года	Наиболее неблагоприятный период года по условиям увлажнения грунта и температуре слоев асфальтобетона
Грунтовые характеристики	Относительная влажность грунта	Отношение естественной влажности к влажности на границе текучести

Основой проектирования служат ключевые принципы: соответствие транспортно-эксплуатационным требованиям, выбор типовых или индивидуальных решений в зависимости от конкретных условий, использование местных материалов при отсутствии стандартных, обеспечение технологичности конструкции и учёт реальных условий строительства.

Конструктивные слои дорожных одежд различаются по функциональному назначению. Верхний износостойкий слой принимает основную нагрузку от транспортных средств. Материалы в конструкции располагаются по принципу постепенного уменьшения упругости сверху вниз, при этом не рекомендуется размещать неукрепленные материалы между укрепленными слоями для обеспечения прочности и долговечности покрытия. На стыках конструктивных слоев рекомендуется применять геосинтетические материалы, повышающие сцепление и предотвращающие деформации.

Для капитальных и облегченных дорожных одежд используются асфальтобетонные смеси, включая щебёночно-мастичные асфальтобетонные (ЩМА), а также разнообразные материалы для слоев основания: укрепленные вяжущими, щебёночно-песчаные и гравийно-песчаные смеси. В особых условиях эксплуатации, таких как остановки и перекрестки, требуется повышенная устойчивость к сдвиговым нагрузкам, что достигается применением специальных материалов и технологий укладки.

Для переходных типов покрытий применяются щебень без вяжущих, щебёночно-песчаные смеси, укрепленные грунты и булыжный камень. К земляному полотну предъявляются строгие требования: минимальный модуль упругости должен составлять от 45 до 60 МПа в зависимости от климатической зоны, а толщина рабочего слоя — не менее 0,5 м для дорог I–III категорий, и в отдельных случаях — не менее 0,8 м.

Конструкция дорожной одежды должна обеспечивать надежную эксплуатацию в межремонтный период, полное соответствие климатическим условиям и экономическую эффективность. Особое внимание уделяется трещиностойкости асфальтобетонных слоев и внедрению современных технологий строительства в соответствии с действующими нормативными требованиями.

3.2. Параметры нагрузочного воздействия

Основной принцип расчета дорожных одежд заключается в использовании нормативной нагрузки от одного колеса согласно действующим стандартам. При этом равномерно распределенная нагрузка вдоль направления движения не учитывается.

Значения нагрузок различаются в зависимости от типа дорожной одежды:

— Для капитальных дорожных одежд осевая нагрузка составляет 115 кН

— Для облегченных и переходных типов — 100 кН

Давление на покрытие принимается:

— 0.8 МПа для капитальных дорожных одежд

— 0.6 МПа для облегченных и переходных типов

При кратковременной нагрузке применяется коэффициент динамичности 1.3.

Расчетные параметры представлены в следующей таблице 30

Таблица 30

Группа нагрузки	Нагрузка на ось, кН	Нагрузка на колесо, кН	Давление, МПа	Диаметр колеса, см
A-10	100	50.0	0.6	37.1/32.6
A-11.5	115	57.5	0.8	34.5/30.3

Примечание: в числителе указан диаметр для движущегося колеса, в знаменателе — для неподвижного.

Базовая интенсивность определяется как сумма движения в обоих направлениях. При разнице интенсивностей более 10% возможны два варианта:

- При наличии разделительной полосы — расчет для каждого направления отдельно

- При отсутствии разделительной полосы — учет удвоенной максимальной интенсивности

При проектировании учитываются:

— Приведенная среднесуточная интенсивность движения

— Суммарное число приложений нагрузки за межремонтный период

В зависимости от количества полос движения применяются следующие коэффициенты (табл. 31).

Таблица 31

Число полос	Коэффициент распределения
1	1.00
2	0.55
3	0.50
4	0.45
5	0.40
6 и более	0.35

Расчет суммарного числа приложений нагрузки производится с учетом:

- Коэффициента распределения интенсивности
- Коэффициента суммирования
- Расчетного числа дней в году
- Коэффициента вероятности отклонения
- Интенсивности движения первого года
- Коэффициента приведения к расчетной нагрузке
- Территориальные особенности

Коэффициенты надежности для разных типов дорожных одежд принимаем по таблице 32.

Таблица 32

Тип одежды	Категория I	Категория II	Категория III	Категория IV
Капитальный	1.62	1.49	1.42	1.38
Облегченный	—	—	1.32	1.26
Переходный	—	—	—	1.14

При проектировании дорожных конструкций особое внимание уделяется механическим характеристикам используемых материалов. **Грунты и малосвязные материалы** для дополнительного слоя основания оцениваются по деформативным и прочностным показателям. Деформативные свойства определяются через модуль упругости, который зависит от расчетной влажности материала. Прочностные характеристики включают угол внутреннего трения и удельное сцепление, учитывающие число приложений нагрузки за весь срок службы дорожной одежды.

Определение характеристик происходит в следующей последовательности: сначала рассчитывается суммарное число приложений нагрузки, затем определяется расчетная влажность грунта, после чего устанавливаются окончательные значения модуля упругости, угла внутреннего трения и сцепления.

Материалы основания, как обработанные вяжущими, так и необработанные, имеют постоянные расчетные характеристики, не зависящие от климатических условий. Эти параметры остаются неизменными при кратковременном и длительном нагружении, что упрощает процесс проектирования.

Асфальтобетонные покрытия обладают особыми свойствами, включая упруго-вязко-пластическое поведение, зависимость характеристик от температуры, влияние цикличности нагружения и развитие усталостных деформаций при многократном воздействии нагрузки.

Температурный режим играет ключевую роль при расчетах. Для определения допустимого упругого прогиба используется температура 10°C. При расчете по критериям сдвигоустойчивости применяются различные температурные значения в зависимости от климатической зоны: 20°C для зон I-II, 30°C для зоны III, 40°C для зоны IV и 50°C для зоны V. В районах сезонного промерзания расчет на растяжение при изгибе выполняется при температуре 0°C (рис. 3.1).

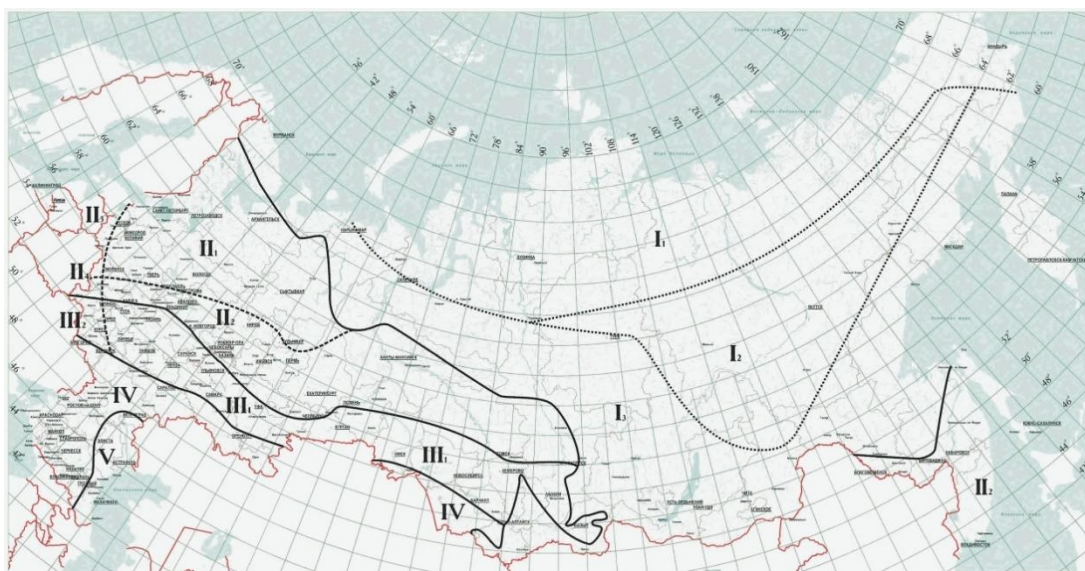


Рис. 3.1

Характер нагрузки существенно влияет на поведение асфальтобетона. При статическом нагружении длительностью более 10 минут модули упругости имеют меньшие значения по сравнению с кратковременной нагрузкой. Расчетные параметры асфальтобетона различаются в зависимости от типа нагрузки и определяются по специальным таблицам для обоих случаев нагружения.

Важно отметить, что при проектировании необходимо учитывать специфику поведения материалов при различных условиях эксплуатации, что позволяет обеспечить долговечность и надежность дорожной конструкции. Прочность дорожной одежды определяется её способностью сопротивляться развитию остаточных деформаций и разрушений под воздействием нормальных и касательных напряжений. Эти напряжения возникают в конструктивных слоях и грунте земляного полотна от расчетной нагрузки.

Методика оценки прочности включает анализ как всей конструкции в целом, так и отдельных её элементов. При расчетах используются решения теории упругости для слоистого пространства на упругом основании, учитывающие условия контакта между слоями.

Основные критерии расчета прочности различаются для разных типов дорожных одежд. Для капитальных и облегченных типов используются три критерия:

- допускаемый упругий прогиб
- условие сдвигоустойчивости грунта и малосвязных слоев
- сопротивление усталостному разрушению от растяжения при изгибе

Для переходных дорожных одежд учитываются только два критерия:

- допускаемый упругий прогиб
- условие сдвигоустойчивости

Особенности нагружения учитываются при проектировании:

- На перегонах расчет ведется на кратковременное многократное действие нагрузок
- На остановках и перекрестках требуется дополнительная проверка на однократное нагружение длительностью от 10 минут
- Для парковок и тротуаров расчет выполняется только на однократное нагружение

Надежность конструкции характеризуется вероятностью безотказной работы в течение расчетного срока. Отказ может произойти из-за:

- Образования необратимых деформаций на поверхности
- Накопления недопустимых остаточных деформаций
- Усталостных разрушений материала

Коэффициенты прочности зависят от категории дороги и типа дорожной одежды (табл. 33).

Таблица 33

Тип одежды	Категория дороги	Коэффициент по упругому прогибу	Коэффициент по сдвигу устойчивости	Коэффициент по растяжению	Уровень надежности
Капитальный	I	1.50	1.10	0.98	-
	II	1.20	1.00	0.95	-
	III	1.17	1.00	0.92	-
	IV	1.15	1.00	0.90	-
Облегченный	III	1.15	1.00	0.90	-
	IV	1.06	0.94	0.85	-

Для городских улиц и дорог коэффициенты прочности принимаются аналогично автомобильным дорогам соответствующего класса:

- Магистральные дороги скоростного движения соответствуют I категории
- Магистральные дороги регулируемого движения — II категории
- Улицы местного значения в деловых и торговых зонах — III категории
- Улицы в жилых зонах и проезды — IV категории

При расчете многослойных конструкций их приводят к двухслойным или трехслойным схемам. Допускается также выполнять расчет без приведения к упрощенным схемам, используя специальные алгоритмы для конструкций с числом слоев до семи.

Расчет производится в два этапа: сначала определяются исходные данные (межремонтный срок, характеристики материалов, минимальный модуль упругости), затем выполняется либо расчет сверху вниз (от определения минимального модуля упругости к назначению материалов), либо снизу вверх (от назначения материалов к расчету модулей).

При несоответствии расчетных параметров требованиям стандарта производится корректировка конструкции путем увеличения толщины слоев, замены материалов на более прочные, укрепления грунта или применения геосинтетических материалов.

Особое внимание уделяется учету длительных нагрузок, которые являются основными для парковок, тротуаров и пешеходных зон, а также дополнительными для остановочных полос и регулируемых перекрестков. Температурный режим расчета зависит от дорожно-климатической зоны: 20°C для зон I-II, 30°C для зоны III, 40°C для зоны IV и 50°C для зоны V.

3.3. Основные сведения о «КРЕДО РАДОН»

В современных условиях развития дорожного строительства особую значимость приобретает применение автоматизированных систем проектирования. Система КРЕДО РАДОН представляет собой комплексное программное обеспечение, предназначенное для проектирования и расчета дорожных одежд нежесткого типа. Данная глава направлена на ознакомление читателей с методикой расчета дорожных одежд в программном комплексе КРЕДО РАДОН.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд важных задач: изучить основные принципы работы программы, рассмотреть алгоритм расчета дорожных конструкций, освоить методику ввода исходных данных и проанализировать полученные результаты расчета. Теоретическая база расчета дорожных одежд в системе КРЕДО РАДОН базируется на современных строительных нормах и правилах, принципах механики грунтов и теории упругости, а также требованиях к надежности и долговечности дорожных конструкций.

Практическое применение системы КРЕДО РАДОН позволяет существенно сократить время проектирования, обеспечить высокую точность расчетов, учитывать множество факторов при проектировании и формировать необходимую проектную документацию. В ходе

изложения материала последовательно рассматриваются этапы подготовки исходных данных для расчета, порядок работы в программном комплексе, особенности интерпретации результатов и рекомендации по корректировке проектных решений.

Важным преимуществом системы является реализация современных подходов к проектированию, включающих автоматизацию рутинных расчетов, визуализацию результатов, возможность вариантного проектирования и учет региональных особенностей строительства. Представленный материал будет полезен как специалистам, только начинающим работу с программой, так и опытным проектировщикам, стремящимся повысить эффективность своей деятельности. Особое внимание уделяется практическим аспектам применения программного комплекса в реальных условиях проектирования автомобильных дорог, что делает данный материал актуальным и востребованным в современной практике дорожного строительства.

Программа РАДОН представляет собой современный программный комплекс, предназначенный для автоматизированного проектирования и расчета дорожных одежд нежесткого и жесткого типов. Она разработана в строгом соответствии с отраслевыми нормативами Российской Федерации и Республики Казахстан, обеспечивая проектировщиков необходимыми инструментами для принятия оптимальных проектных решений при назначении конструктивных слоев дорожных одежд.

Область применения программы охватывает широкий спектр проектных задач: проектирование новых дорожных одежд на вновь сооружаемых дорогах, разработка конструкций на новых участках реконструируемых дорог, усиление существующих дорожных одежд, а также создание типовых решений для дорожных одежд общей сети.

В основе разработки программы лежит комплекс нормативных документов, включающий ПНСТ 542-2021 по проектированию нежестких дорожных одежд, ОДН 218.046-01 с методикой проектирования, СП РК 3.03-104-2014 для проектирования в Казахстане, ОДН 218.3.039-2003 по укреплению обочин, ГОСТ Р 58861 по планированию межремонтных сроков, различные ОДМ серии 218 с рекомендациями по применению геосинтетических материалов, а также ГОСТ 32960-2014, регламентирующий нормативные нагрузки и схемы нагружения.

Функциональные возможности программы позволяют выполнять комплексные расчеты: определение упругого прогиба, анализ сопротивления материалов растягивающим напряжениям, оценку сдвигоустойчивости материалов, проверку морозоустойчивости конструкции, расчет дренарующих слоев, определение уровня надежности конструкции, оптимизацию по толщине слоев, расчет с использованием геосинтетических материалов, анализ усиления существующих покрытий и прогноз колееобразования.

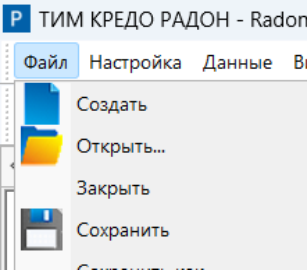
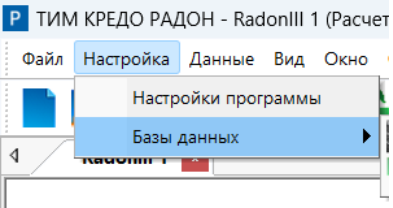
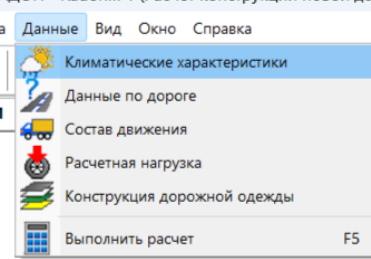
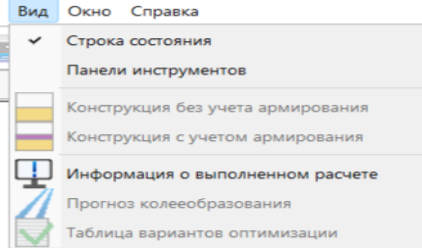
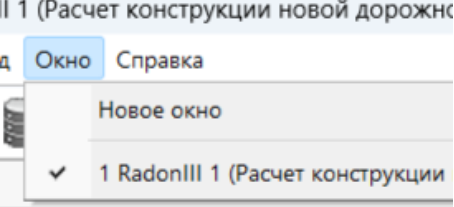
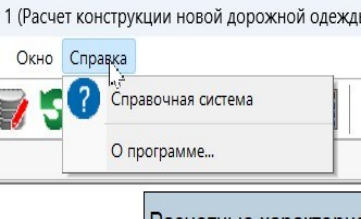
Особую ценность представляют возможности программы по автоматическому подбору оптимальных решений, минимизации необоснованного запаса прочности, использованию местных материалов и учету применения геосинтетических прослоек. При этом проектировщики могут создавать и редактировать проекты, сохранять их в формате NDO, экспортировать результаты в форматы RTF и DXF.

Дополнительные преимущества программы включают возможность задания индивидуальных характеристик материалов, добавления новых типов транспортных средств, настройки коэффициентов прочности и надежности. Реализованные в программе современные методы теории упругости позволяют проектировщикам принимать обоснованные технические решения при проектировании дорожных одежд, обеспечивая высокое качество и надежность конечных проектных решений.

Программа РАДОН функционирует как современное Windows-приложение с поддержкой многодокументного режима. Это позволяет одновременно работать с несколькими проектами, каждый из которых отображается в отдельном рабочем окне. После создания нового проекта или открытия существующего в интерфейсе появляются все необходимые элементы управления.

Главное меню программы содержит шесть основных разделов, которые представлены в таблице 34.

Таблица 34

Раздел	Функция	Обозначение
Файл	Создание новых проектов, открытие существующих проектов, сохранение проектов, печать документации, экспорт данных	
Настройка	Конфигурация работы с базами данных, настройка параметров работы с информацией, управление базами данных программы	
Данные	Ввод исходных параметров проекта, настройка расчетных характеристик, выполнение инженерных расчетов, обработка входных данных	
Вид	Настройка отображения результатов расчета, управление визуальными параметрами интерфейса, настройка отображения графиков и диаграмм, настройка представления данных	
Окно	Управление открытыми проектами, переключение между проектами, настройка расположения окон, управление активностью проектов	
Справка	Доступ к справочной информации, руководство пользователя, справочные материалы по работе с программой, ответы на часто задаваемые вопросы	

В процессе технико-экономического анализа различных проектных решений нередко требуется проводить вычисления конструкций дорожных одежд с использованием различных расчётных методик. Для упрощения этой задачи в программе предусмотрена специальная функция переноса исходных параметров между методиками — команда **Импорт общих данных**.

Данная функция поддерживает следующие варианты конвертации данных:

- Перенос расчётов новой дорожной одежды из методики **ОДН 218.046-2001** в методику **ПНСТ 542-2021**
- Конвертация расчётов усиления существующей дорожной одежды из **ОДН 218.046-2001** в **ПНСТ 542-2021**
- Взаимообмен данными между методиками расчёта новой и усиления существующей дорожной одежды по **ПНСТ 542-2021**
- Взаимообмен между методиками расчёта новой и усиления существующей дорожной одежды по **ОДН 218.046-2001**
- Взаимообмен между методиками расчёта новой и усиления существующей дорожной одежды по **СП РК 3.03-104-2014**

Порядок выполнения импорта данных:

- Инициировать создание нового проекта через меню **Файл** → **Создать**, определив при этом используемую методику расчёта
- Активировать команду **Файл** → **Импорт общих данных**, указав источник файла для импорта
- В диалоговом окне **Импорт общих данных** отметить галочками параметры, подлежащие переносу
- Запустить процесс импорта командой **Произвести импорт**

Важно отметить, что программа автоматически проверяет корректность переносимых данных в контексте новой методики. При обнаружении несоответствий система выдаст диагностическое сообщение, после чего потребуются внести необходимые корректировки и повторить процедуру расчёта.

В случае попытки использования неподдерживаемых комбинаций методик система предупредит пользователя о невозможности выполнения операции (рис. 3.2).

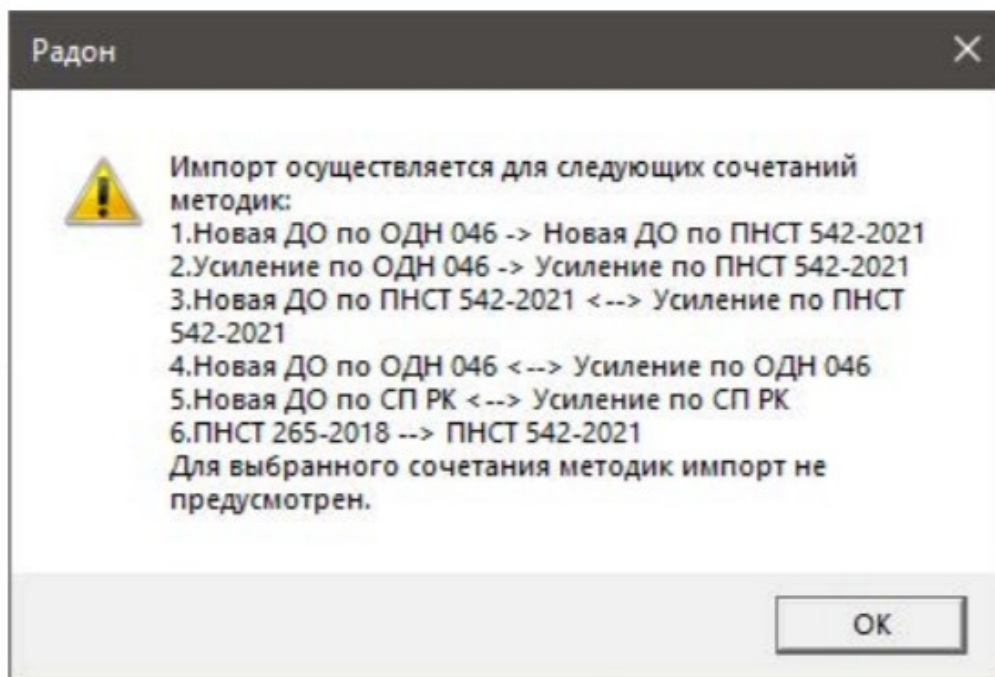


Рис. 3.2

Существует несколько удобных способов загрузки ранее созданных проектов в программе:

- **Через главное меню:** можно воспользоваться командой **Файл/Открыть**, нажать соответствующую кнопку на панели инструментов или применить комбинацию клавиш **Ctrl+O**. После этого откроется стандартное диалоговое окно, где нужно выбрать файл проекта с расширением **NDO**. После загрузки выбранный проект автоматически активируется.
- **Из списка недавних файлов:** в нижней части меню **Файл** отображается перечень последних открытых проектов. Для быстрого доступа достаточно выбрать нужный проект из списка, кликнув по нему левой кнопкой мыши.
- **Через проводник Windows:** возможно открыть проект напрямую из файлового менеджера, не используя команды программы. Для этого необходимо найти файл с расширением **NDO** в проводнике и дважды щёлкнуть по нему левой кнопкой мыши.

Важно учитывать, что программа позволяет одновременно открывать несколько проектов, однако редактирование данных доступно только в активном проекте.

Для удобства пользователя реализована визуальная индикация статуса проектов:

- Название активного проекта отображается на белом фоне
- Названия неактивных проектов показываются на сером фоне
- Справа от заголовка активного проекта размещена кнопка закрытия

Активация любого из открытых проектов выполняется простым щелчком левой кнопкой мыши по его заголовку.

После того как создан новый проект и определена методика расчёта, необходимо приступить к следующему важному этапу — внесению исходных данных и настройке слоёв конструкции дорожной одежды. Эти действия являются обязательными для дальнейшего проведения расчётов.

Все операции по вводу и корректировке данных, а также настройке конструктивных слоёв выполняются через диалоговые окна, которые открываются командами меню **Данные**.

Важное замечание: во всех диалоговых окнах присутствует унифицированный набор управляющих элементов: кнопка **ОК** для сохранения изменений и кнопки **Отмена** или **Закрыть** для отказа от внесённых правок. Пользователю следует внимательно следить за тем, какую из этих кнопок он нажимает. Система осуществляет постоянный контроль правильности вводимых данных. Если при попытке применить изменения (нажав кнопку **Применить**) или перейти на другую вкладку будут обнаружены ошибки в вводе, программа выдаст предупреждение с пояснениями. Дальнейший переход к другим разделам возможен только после исправления некорректных значений. Для оптимальной работы рекомендуется придерживаться определённой последовательности при заполнении диалоговых окон.

Внимание! Следует учитывать, что набор параметров в окнах может различаться в зависимости от выбранной методики расчёта. В данном руководстве рассматривается заполнение форм на примере методики **ПНСТ 542-2021** для нового строительства. Особые случаи и отличия для других методик будут описаны отдельно при наличии существенных различий в процедуре ввода данных.

Ввод климатических параметров осуществляется через диалоговое окно **Климатические характеристики**, которое активируется командой меню **Данные** (см. рис. 3.3).

Рис. 3.3

В разделе параметров необходимо:

- Определить **дорожно-климатическую зону, подзону и схему увлажнения** с помощью переключателей
- Указать количество расчётных дней в году
- Выбрать номер изолинии термического сопротивления дорожной одежды
- Задать глубину промерзания грунта

При возникновении сложностей с определением характеристик пользователь может обратиться к встроенной справке по назначению схемы увлажнения или воспользоваться интерактивными картами (см. рис. 3.4).

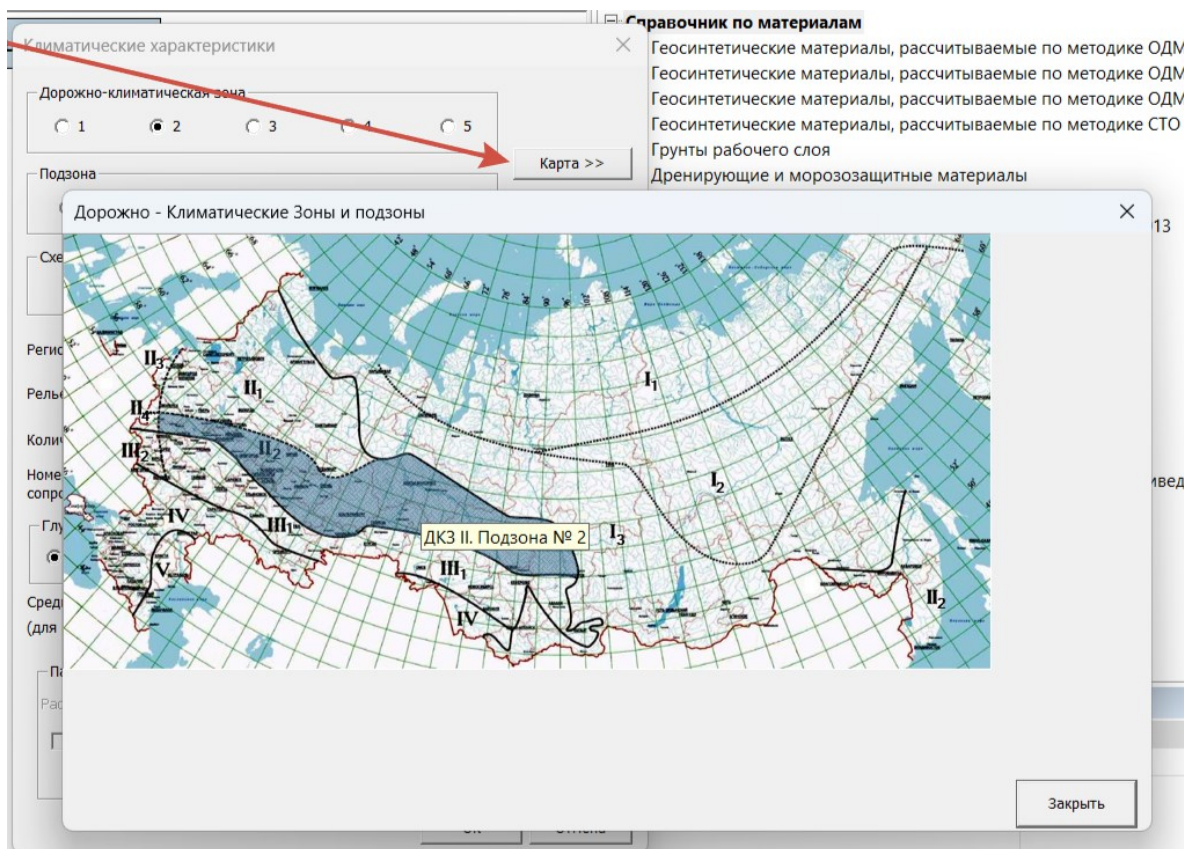


Рис. 3.4

Для методики **СП РК 3.03-104-2014** в климатическом разделе присутствует специальный параметр — **климатический коэффициент a_0** . Его значение можно определить двумя способами:

- По карте
- Расчётным методом (при этом нужно установить флажок в поле « a_0 определяется по формуле» и ввести необходимые данные)

Дополнительно для V дорожно-климатической зоны методики **СП РК 3.03-104-2014** требуется указать **удаление от границы с IV ДКЗ**. Этот параметр влияет на расчёт требуемого модуля упругости, который уменьшается с увеличением расстояния от границы IV ДКЗ.

Остальные параметры окна задаются либо ручным вводом значений в текстовые поля, либо выбором из выпадающего списка.

Особенности расчёта в зоне вечной мерзлоты

Расчёт в условиях вечной мерзлоты требует учёта специфических параметров. При выборе 1-й дорожно-климатической зоны активируются дополнительные параметры группы **Параметры для расчёта в условиях вечной мерзлоты** (см. рис. 3.5).

Рис. 3.5

Если установить флажок в поле «**Учесть особенности методики ВСН 46-83**», расчёт будет выполняться согласно рекомендациям этой методики (пункты 3.57–3.59 раздела «Особенности расчёта дорожных одежд для вечномерзлых грунтов»).

Пользователь должен самостоятельно задать **глубину талого слоя** с учётом региона проектирования. При этом активируется параметр «**Расчёт на растяжение при изгибе**», требующий указания соответствующих условий для асфальтобетона.

При выборе значения «**Характеристики по ДКЗ-2**» из списка расчёт асфальтобетона на растяжение при изгибе будет производиться с параметрами, характерными для 2-й дорожно-климатической зоны.

Основной рабочий инструмент — окно **Данные о дороге**, которое активируется соответствующей командой. Здесь формируется расчётная модель проектируемой дорожной одежды. Окно имеет несколько вкладок, состав которых может варьироваться в зависимости

от выбранной методики расчёта. Управление осуществляется кнопками **ОК** (сохраняет изменения и закрывает окно) и **Применить** (сохраняет изменения текущей вкладки без закрытия окна).

Вкладка Общие данные (рис. 3.6) предназначена для ввода базовой информации о дороге:

Рис. 3.6

- В поле **Наименование дороги** вводится название объекта (до 64 символов)
- Через переключатели задаются:
 - Категория дороги
 - Количество полос движения
 - Номер расчётной полосы
 - Тип конструкции

В информационных полях отображаются сроки ремонта согласно ГОСТ Р 58861-2020. При необходимости можно задать индивидуальные сроки в полях **Принятый срок службы** и **Принятый межремонтный срок службы** (рис. 3.7).

The screenshot shows a form titled "Тип конструкции" (Construction Type). It contains three radio button options: "Капитальный" (Capital), "Усовершенствованный облегченный" (Improved simplified), and "Переходный" (Transition). Below these are two input fields: "Принятый срок службы, лет:" (Accepted service life, years) with the value "24", and "Принятый межремонтный срок службы, лет:" (Accepted maintenance interval, years) with the value "12". A "Справка >>" (Help >>) button is located to the right of the second input field. At the bottom, there is a section header "Требуемые коэффициенты прочности и надежности" (Required strength and reliability coefficients).

Рис. 3.7

Автоматически устанавливается нормативный уровень надёжности в зависимости от категории дороги и типа одежды. При выборе методики ОДН 218.1.052-2002 значения назначаются согласно приложению 3 приказа №157.

Для задания индивидуальных коэффициентов надёжности и прочности:

- Установите флажок **Коэффициенты прочности и надёжности заданы пользователем**
- Нажмите кнопку **Задать** для открытия соответствующего окна (рис. 3.8).

The screenshot shows a dialog box titled "Требуемые коэффициенты прочности и надежности" (Required strength and reliability coefficients). It contains four rows, each with a label, a numerical input field, and a checkbox. The first row is "Коэффициент надежности" (Reliability coefficient) with a value of "0.98" and an unchecked checkbox. The second row is "При расчете на упругий прогиб" (When calculating for elastic deflection) with a value of "1.5" and an unchecked checkbox. The third row is "При расчете на сдвиг в слабосвязных слоях основания" (When calculating for shear in weakly bonded layers of the base) with a value of "1.1" and an unchecked checkbox. The fourth row is "При расчете на растяжение при изгибе в верхних монолитных слоях" (When calculating for tension during bending in upper monolithic layers) with a value of "1.1" and an unchecked checkbox. A red arrow points from the bottom left towards the "Применить" (Apply) button. At the bottom of the dialog are four buttons: "ОК" (OK), "Отмена" (Cancel), "Применить" (Apply), and "Справка" (Help).

Рис. 3.8

Вкладка Профили (рис. 3.9) предназначена для ввода параметров продольного и поперечного профилей:

Данные о дороге

Общие данные | Профили | Грунт | Дренаж | Морозозащита

Дорожное полотно

Ширина полосы движения, м: 3.75

Ширина разделительной полосы, м: 5

Ширина обочины, м: 3.75

В т.ч. ширина укрепленной обочины, м: 0.75

Заложение откоса, 1: 4

Профили

Поперечный профиль: Двускатный Односкатный

Учесть вогнутость профиля

Продольные уклоны, %

До перелома профиля: 0

После перелома профиля: 0

Насыпь / Выемка

Высота насыпи, м: 1.5

OK Отмена Применить Справка

Рис. 3.9

- По умолчанию отображаются геометрические параметры, соответствующие выбранной категории дороги
- Задаётся **Заложение откоса** для расчёта фильтрации
- Выбирается **Тип поперечного профиля** (двускатный/односкатный)
- При необходимости учитывается **вогнутость профиля**
- Задаются параметры **высоты насыпи** или **глубины выемки**

Вкладка Особенности (рис. 3.10) используется для назначения особенностей расчёта и мероприятия по снижению влажности:

- Выбирается схема расчёта:
 - **Перекресток** — расчёт в динамическом/статическом режимах
 - **Перегон** — расчёт основных полос
 - **Обочина** — расчёт конструкции обочины
- Задаются особенности расчёта модуля упругости
- Выбираются мероприятия по снижению влажности грунта
- Отображается информация о снижении влажности для выбранных мероприятий.

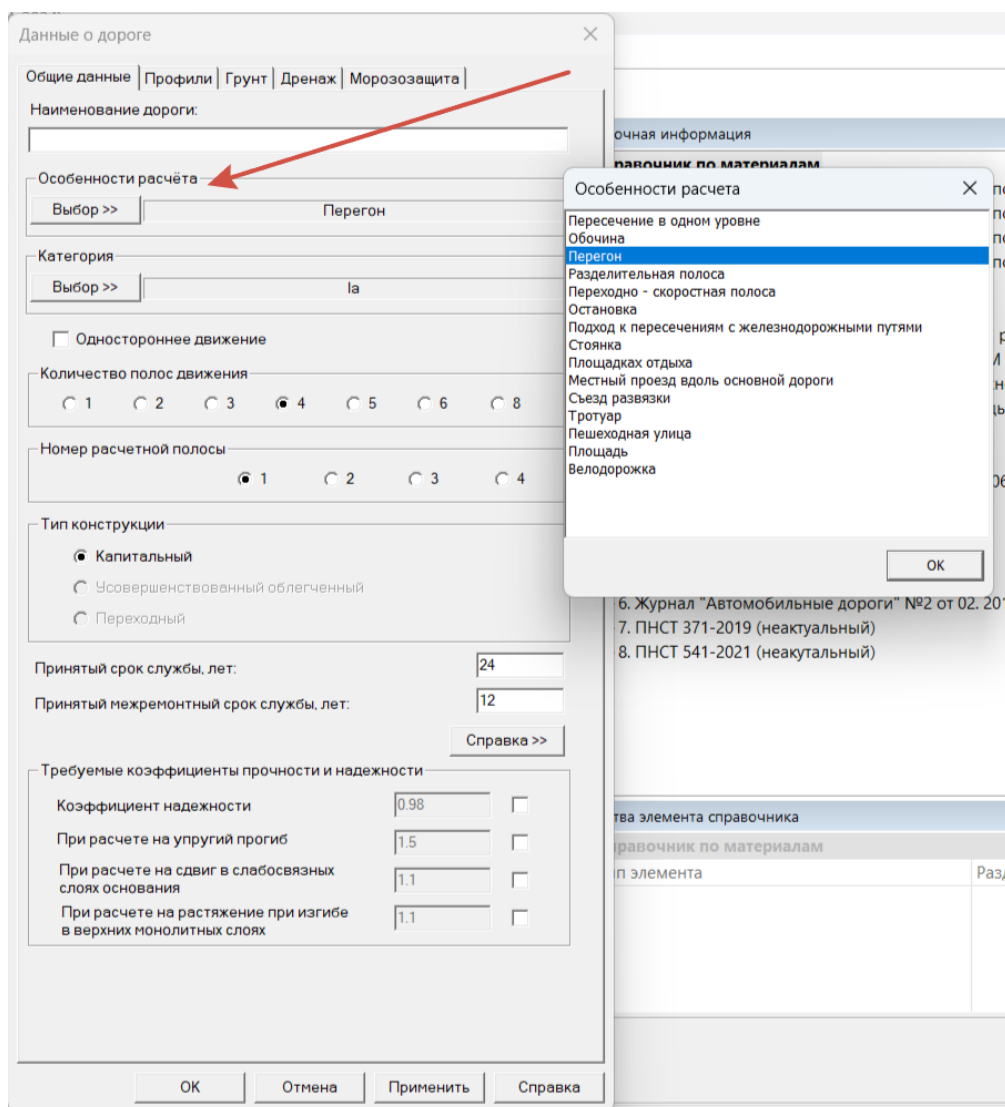


Рис. 3.10

Вкладка Грунт (рис. 3.11)

Назначение типа грунта рабочего слоя и параметров частичной замены:

- Выбор грунта через кнопку **Выбор**
- При отсутствии грунта в списке его нужно создать в базе данных
- Задаётся **Группа по степени пучинистости**
- Вводятся показатели плотности грунта
- Задаётся **Коэффициент уплотнения**

Данные о дороге

Общие данные | Профили | Грунт | Дренаж | Морозозащита

Грунт рабочего слоя

Выбор >> | Песок крупный 0% пыл-глин.фр.

Группа по степени пучинистости: По таблице

Коэффициент уплотнения 0.98

Плотность сухого грунта 1 г/см3

Плотность скелетных частиц грунта 1 г/см3

Расчетная влажность грунта

Вычисляется по методике 0.62

Мероприятия, снижающие влажность

- 1.1 ОМС, обработанные ШГПС, укрепленный крупнообломочный г
- 1.2 Укрепленные супеси
- 1.3 Укрепленные пылеватые пески, тяжелый и легкий суглинок и.
- 2.1 Укрепление обочин (не менее 2/3 их ширины) а/бетоном или м
- 2.2 Укрепление обочин (не менее 2/3 их ширины) каменными мате
- 3 Дренаж с продольными трубчатыми дренами
- 4 Гидроизолирующие прослойки из полимерных материалов
- 5 Устройство теплоизолирующего слоя, предотвращающего прс
- 6 Грунт рабочего слоя зем. полотна в "обойме"
- 7.1 Уплотненный грунт Купл=1,03 в слое 0,3 м от низа
- 7.2 Уплотненный грунт Купл=1,05 в слое 0,5 м от низа
- 8 Укрепление обочин (по отношению к неукрепленным)
- 9 Монолитные слои основания с порист. материала до 5%
- 10 Иные мероприятия, снижающие влажность
- 11 Разделительная прослойка на границе песка
- 12 Гидроизолирующая ГМ по ОДМ 218.5.003 - 2010 за пределами о

Вкл / Выкл

Вспомогательный расчет: Частичная замена грунта рабочего слоя

Выполняется замена на глубину, см 0

Выбор >> | Песок крупный 0% пыл-глин.фр.

OK Отмена Применить Справка

Рис. 3.11

Вкладка Дренаж (рис. 3.12)

Настройка параметров дренажной системы:

- Выбирается **Источник увлажнения**
- Задаётся тип дренирующего слоя
- Вводятся характеристики материала
- Выбирается **Вид дренажа**
- Назначается **Режим работы** (поглощение/осушение)

Данные о дороге

Общие данные | Профили | Грунт | Дренаж | Морозозащита

Источник увлажнения:

От уровня дневной поверхности, м

Дренаж

Вид дренажа

Режим работы дренажа

Поперечный уклон, %

20 30 40

Пористость

К фильтрации, м/сут

Квог определять:

Рис. 3.12

Вкладка Морозозащита (рис. 3.13)

Настройка параметров морозозащитного слоя:

- Выбор типа защиты (морозозащитный/теплоизолирующий слой)
- Ввод характеристик материала
- Расчёт полной влагоёмкости
- Настройка параметров замены грунта

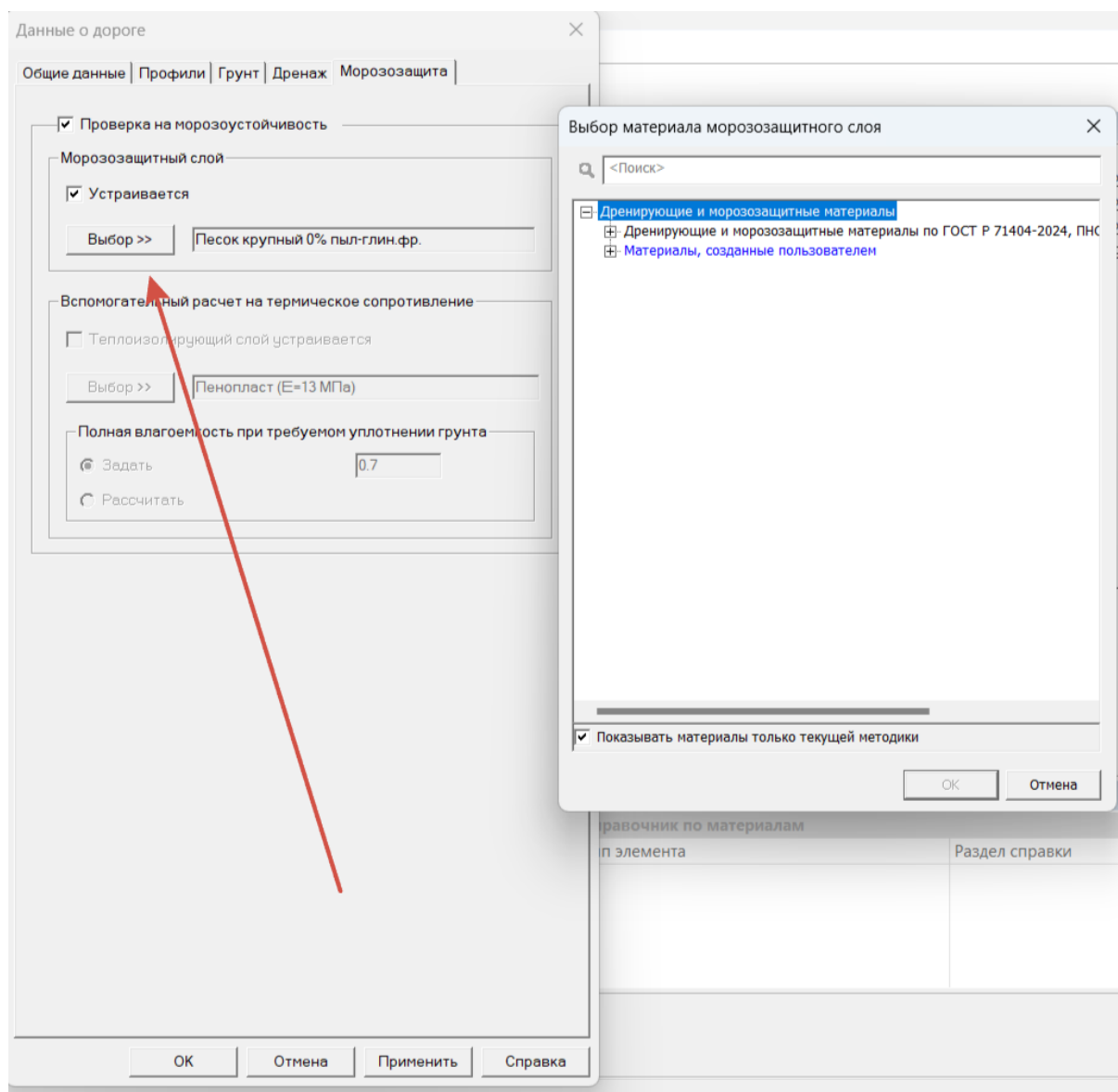


Рис. 3.13

Работа осуществляется в диалоговом окне **Состав движения**, которое активируется соответствующей командой из меню **Данные**. Здесь определяются параметры транспортного потока (рис. 3.14):

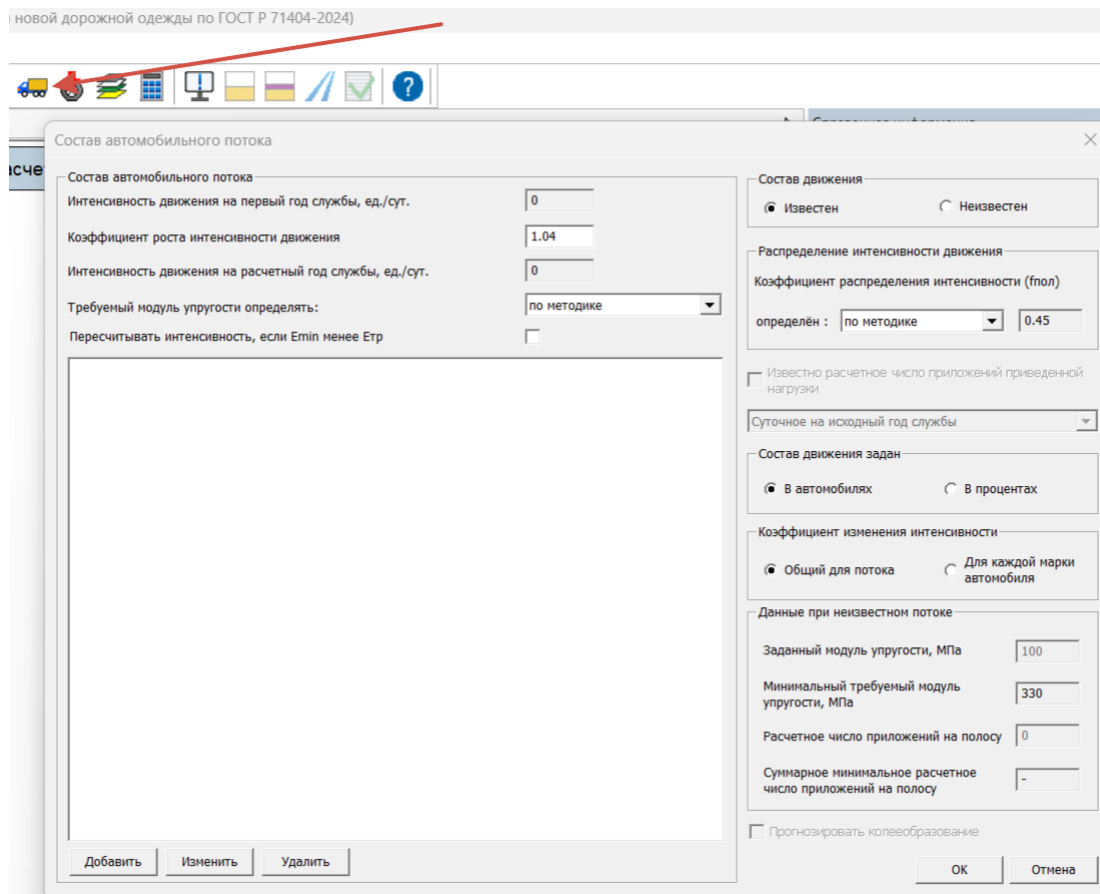


Рис. 3.14

- Интенсивность движения на первый год
- Темпы роста/снижения интенсивности
- Состав автомобильного потока

Интерфейс и функционал окна могут различаться в зависимости от выбранной методики расчёта. Рассмотрим особенности работы на примере двух основных методик:

- Для нового строительства (ПНСТ 542-2021)
- Для усиления (ОДН 218.1.052-2002)

Важно: при проектировании жёстких дорожных одежд работа с окном **Состав автомобильного потока** аналогична методике нового строительства ПНСТ 542-2021, поэтому дополнительное описание не требуется.

Работа с методикой ПНСТ 542-2021 (рис. 3.15)

Рис. 3.15

Программа предлагает четыре способа задания интенсивности движения:

Вариант 1: Известен состав транспортного потока с общим коэффициентом изменения интенсивности

- В группе **Состав движения** выбрать параметр **Известен**
- Установить переключатель в поле **Общий для потока**
- Выбрать способ задания состава движения (по умолчанию — в автомобилях)
- Ввести коэффициент роста интенсивности
- Добавить марки автомобилей через кнопку **Добавить**
- Задать параметры для каждого типа транспорта

Вариант 2: Известен состав потока с индивидуальным коэффициентом изменения

- Выбрать в группе **Коэффициент изменения интенсивности** параметр **Для каждой марки автомобиля**
- Добавить автомобили и указать индивидуальные коэффициенты роста

Вариант 3: Неизвестен состав потока, но известно расчётное число приложений

- Установить переключатель **Неизвестен** (рис. 3.16)
- Активировать параметр **Известно расчётное число приложений**
- Выбрать тип расчёта (суточное/суммарное)
- Ввести расчётное число приложений

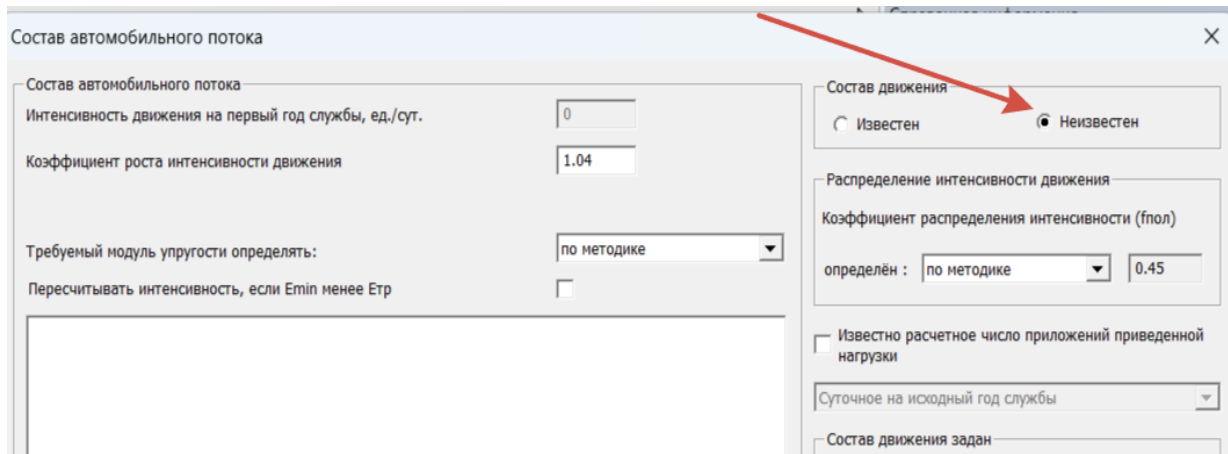


Рис. 3.16

Если необходимо провести расчет по методике ОДН 218.1.052-2002 необходимо рассмотреть два варианта (рис. 3.17):

Вариант 1: Известный состав движения

- Установить переключатель **Известен**
- Выбрать формат задания состава (автомобили/проценты)
- Указать параметры интенсивности
- Выбрать закономерность изменения
- Ввести данные по маркам автомобилей

Вариант 2: Неизвестен состав, но известно число приложений

- Выбрать параметр **Неизвестен**
- Активировать **Известно расчётное число приложений**
- Заполнить необходимые поля

Вариант 3: Неизвестен состав, но известна ровность по толчкомеру

- В группе **Данные при неизвестном потоке** задать:
 - Существующую ровность
 - Модуль упругости проектной конструкции

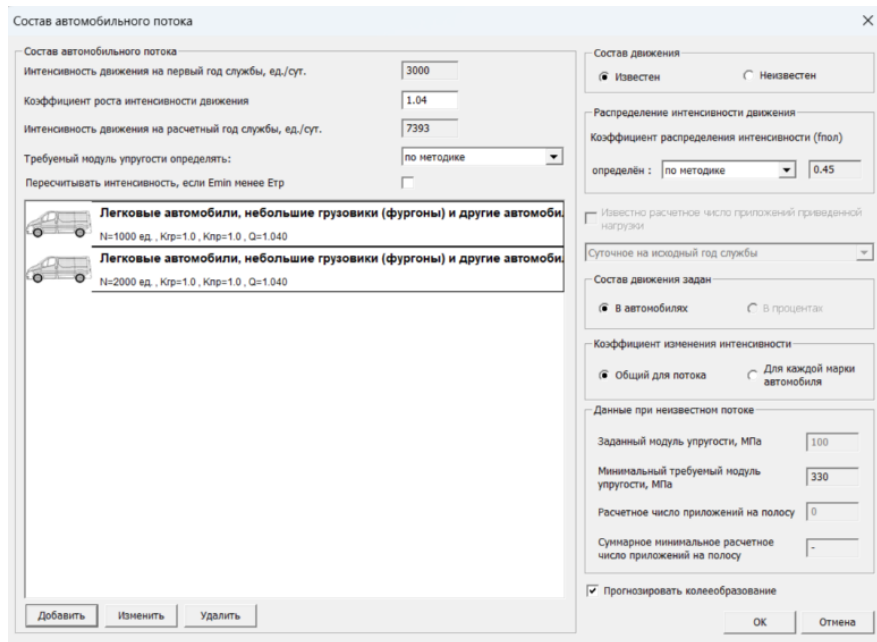


Рис. 3.17

Ввод информации производится в диалоговом окне под названием «Расчетная нагрузка», доступ к которому возможен либо через меню «Данные», либо через панель инструментов. В данном окне (см. рис. 3.18) пользователь настраивает параметры нормативной расчетной нагрузки и её особенности, включая опцию применения персонализированных значений.

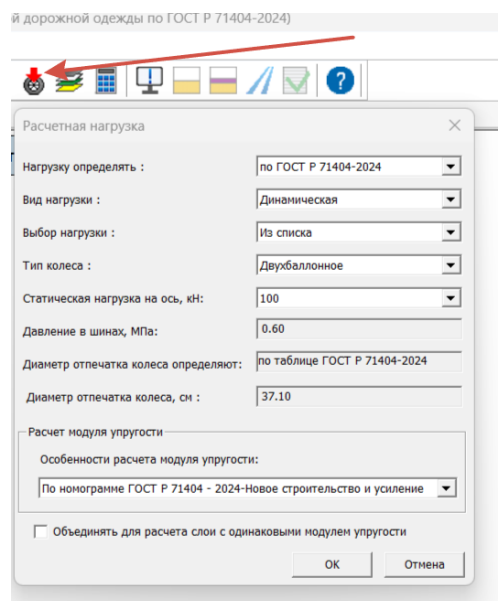


Рис. 3.18

Для определения нагрузок необходимо выбрать соответствующий нормативный документ в параметре «Нагрузку определять». Варианты доступны следующие:

- Согласно ПНСТ 542-2021, можно использовать нагрузки величиной 100 и 115 кН.
- В соответствии с ОДН 218.046-01 (таблица П 1.1 в приложении 1) предусмотрены нагрузки 60, 100, 110, 115 и 130 кН.
- По ГОСТ Р 52748-2007 (пункт 4.4) нагрузочные категории распределяются следующим образом:
 - АК 6 применимы для дорог IА, IБ, IВ и II категорий;
 - АК 10 относятся к дорогам III и IV категорий;
 - АК 11,5 предназначены для дорог V категории.
- Методика СП РК 3.03-104-2014 допускает использование нагрузок 100 и 130 кН.

Выбор нормативной базы определяет доступный диапазон нагрузок для расчётов (рис 3.19).

Расчетная нагрузка

Нагрузку определять : по данным пользователя

Вид нагрузки :
по ОДН 218.046-2001
по ГОСТ Р 52748-2007
по данным пользователя
по ГОСТ Р 71404-2024
по ГОСТ 32960-2014

Выбор нагрузки :

Тип колеса : Двухбаллонное

Статическая нагрузка на ось, кН: 100

Давление в шинах, МПа: 0.6

Диаметр отпечатка колеса определяют: по формуле ОДН 218.046-2001

Диаметр отпечатка колеса, см : 34

Расчет модуля упругости

Особенности расчета модуля упругости:
По номограмме ГОСТ Р 71404 - 2024-Новое строительство и усиление

Объединять для расчета слои с одинаковыми модулем упругости

OK Отмена

Рис. 3.19

Чтобы задать параметры, отличающиеся от стандартных, необходимо:

- Определить нужный нормативный акт (например, ПНСТ 542-2021, ОДН 218.046-01 или ГОСТ Р 52748-2007).

- В разделе выбора нагрузки указать вариант «Задана пользователем».

- Ввести конкретные значения статической нагрузки вместе с показателями давления в шинах.

Если требуется полностью настроить параметры вручную, включая отпечаток штампа, следует:

- В меню «Нагрузку определять» выбрать опцию «Определяется пользователем».

- Заполнить все три требуемых параметра.

Особенности процесса вычисления проявляются при опции выбора нагрузки «По потоку»: в этом случае используются иные алгоритмы расчёта.

Если задан состав движения, программа выполняет его анализ. Затем определяется, какие оси испытывают наибольшую нагрузку. При этом, если фактическая нагрузка превышает нормативную более чем на 10% от общего потока, проводится расчет индивидуальной нагрузки. Тип колеса — однобаллонное или двухбаллонное — влияет на применяемые коэффициенты загрузки. Характер нагрузки определяется условиями расчета, такими как перегон, перекресток или обочина, и может включать как статическую, так и динамическую компоненты (рис 3.20).

Расчетная нагрузка	
Нагрузку определять :	по ПНСТ 542-2021
Вид нагрузки :	Динамическая
Выбор нагрузки :	Задана пользователем
Тип колеса :	Двухбаллонное
Статическая нагрузка на ось, кН:	115
Давление в шинах, МПа:	0.8
Диаметр отпечатка колеса определяют:	по формуле ПНСТ542-2021
Диаметр отпечатка колеса, см :	34.49
OK Отмена	

Рис. 3.20

В разделе 5.1 СП 34.13330.2012 приведена формула, в которой для расчетов по методике ОДН 218.046-2001 введено уточнение — диаметр отпечатка колеса следует определять согласно таблице из ОДН 218.046-2001 при нагрузках величиной 100, 110 и 130 кН. Данное дополнение является важным для корректного применения расчетных процедуры.

Все операции по проектированию дорожной одежды выполняются в диалоговом окне **Конструкция дорожной одежды**, которое открывается через панель инструментов или меню **Данные**. В этом окне (рис. 3.21) осуществляется:

- Выбор материалов конструктивных слоёв
- Задание толщин слоёв
- Настройка параметров оптимизации
- Назначение геосинтетических материалов

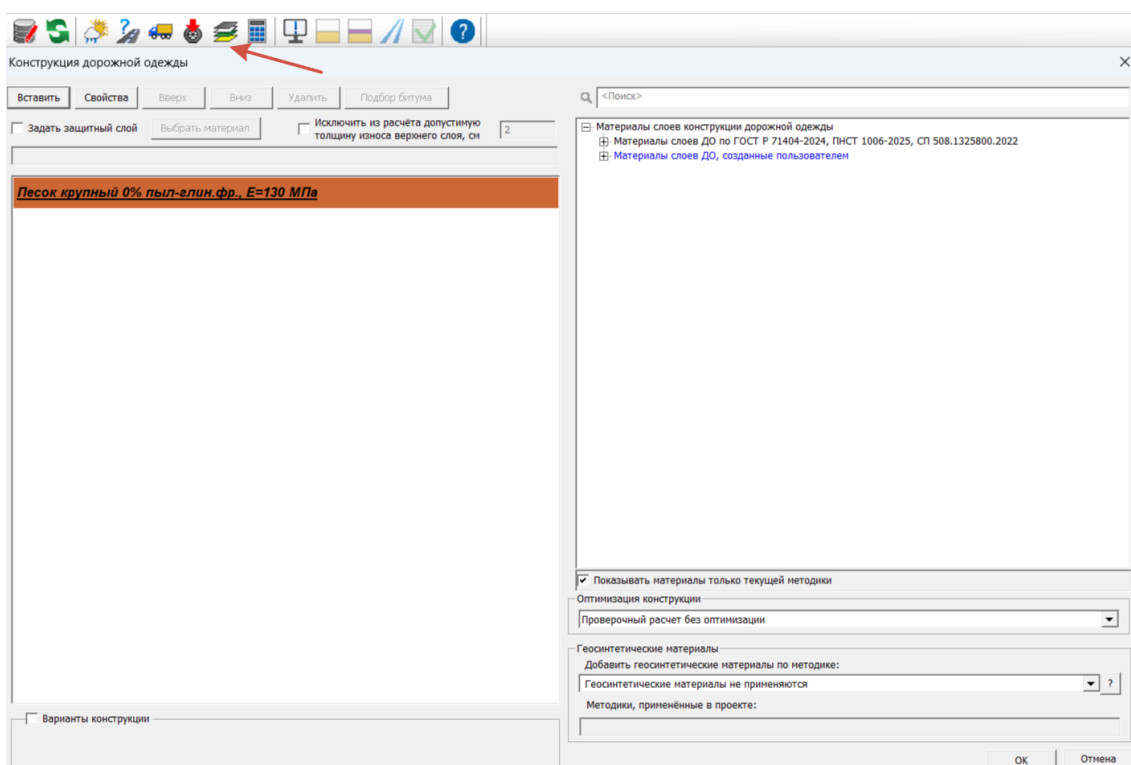


Рис. 3.21

По умолчанию доступны материалы из библиотеки выбранной методики и пользовательской библиотеки. Для отображения всех доступных материалов необходимо снять флажок **«Показывать материалы только текущей методики»**.

При выборе методики **Расчет конструкции новой дорожной одежды по ПНСТ 542-2021** процесс проектирования включает:

Создание конструкции:

- Добавление необходимого количества слоёв через кнопку **Вставить**

- Назначение материалов двойным щелчком в правой части окна

- Задание толщин через кнопку **Свойства**

Подбор битума PG:

- Выбор асфальтобетонного слоя на PG

- Нажатие кнопки **Подбор битума PG** (рис. 3.22)

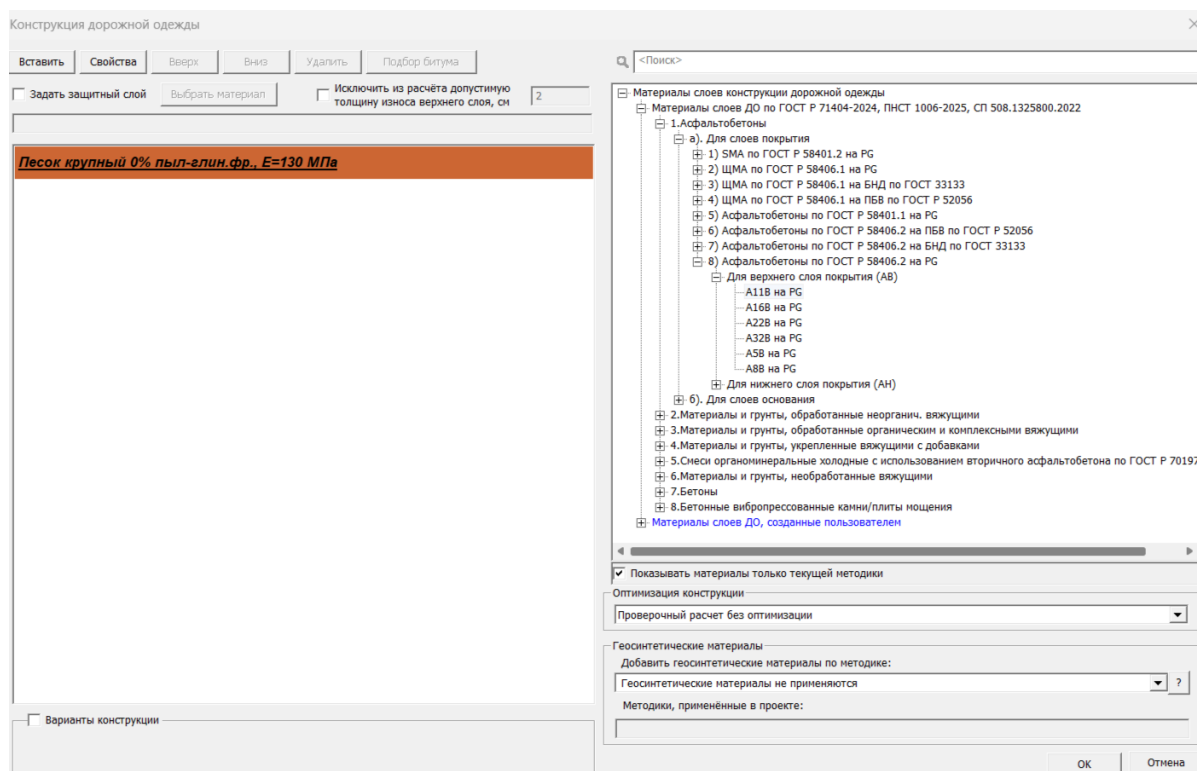


Рис. 3.22

- Указание метеостанции в диалоге **Расчет допустимых марок битумных вяжущих PG** (рис. 3.23-3.24)

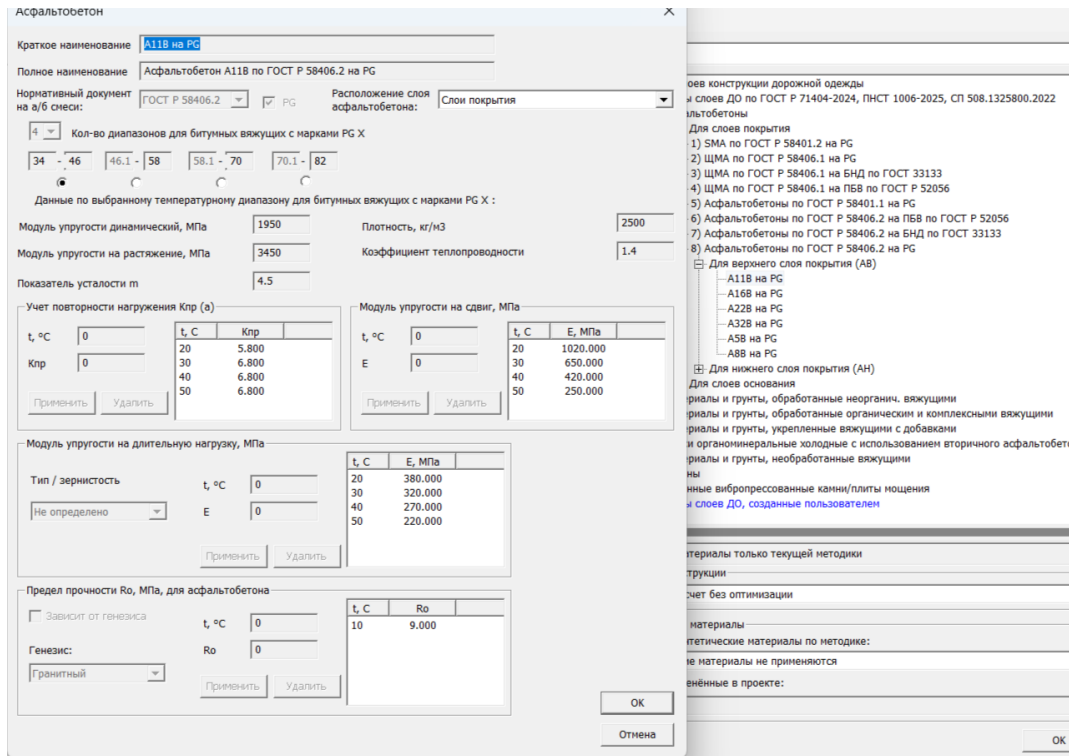


Рис. 3.23

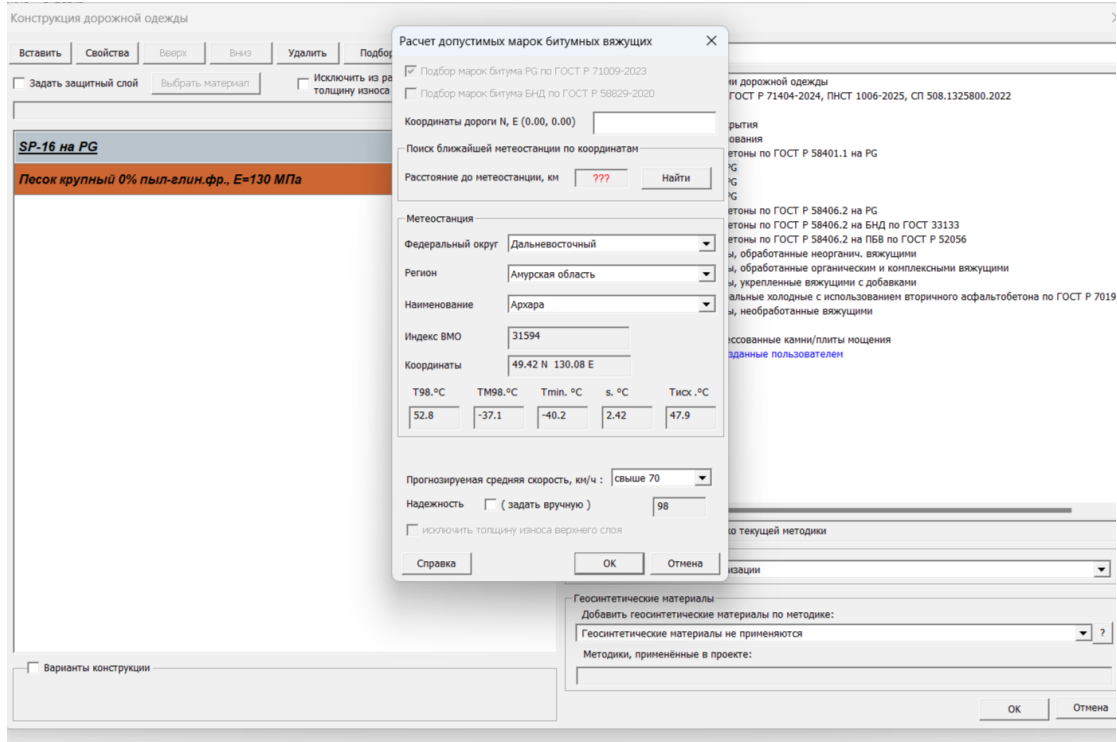


Рис. 3.24

- Получение результатов расчёта

Особые элементы:

- Назначение защитного слоя через флажок **Задать защитный слой**

- Учёт износа верхнего слоя

- Удаление и перемещение слоёв кнопками **Удалить**, **Вверх**,

Вниз

Усиление существующего покрытия

При выборе методик усиления отображаются:

- **Измеренный модуль** при неизвестной конструкции

- **Существующая конструкция** при известной конструкции

Особенности усиления:

- Возможность задания коэффициента износа

- Расчёт по методике МР-46-72 (ХАДИ) через кнопку **Расчет**

(рис. 3.25).

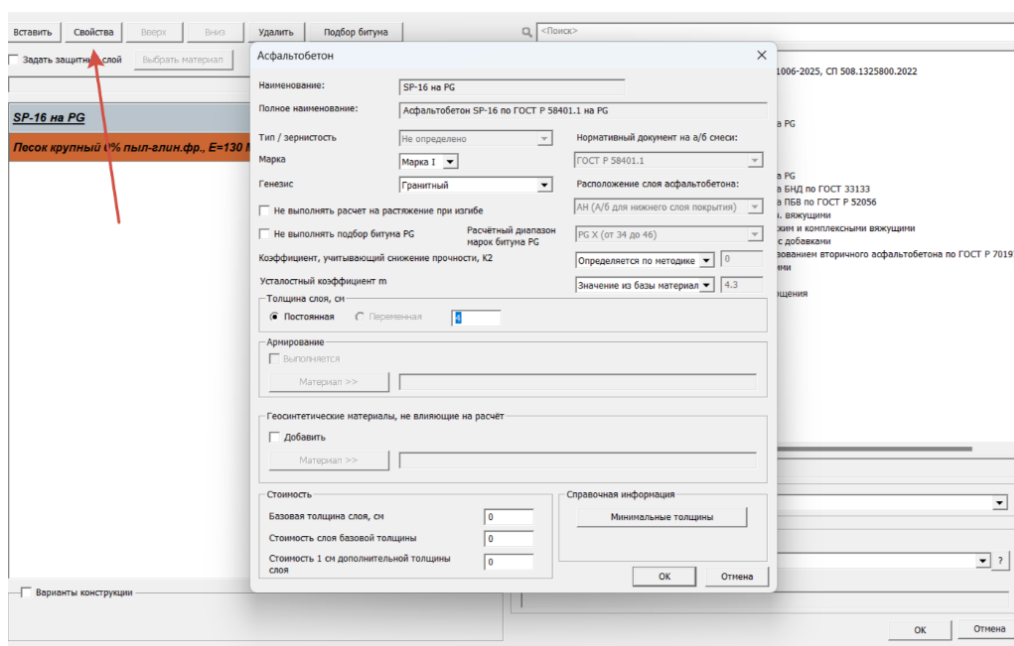


Рис. 3.25

Для технико-экономического анализа предусмотрены:

- Создание до семи вариантов конструкций

- Команды «Создать вариант как пустой проект» и «Создать вариант как копию текущего».

- Задание условных стоимостей материалов

- Экспорт результатов через меню **Файл**
 Результаты сравнения доступны через команду **Протокол сравнения вариантов**, а графические материалы можно экспортировать в DXF (рис. 3.26).

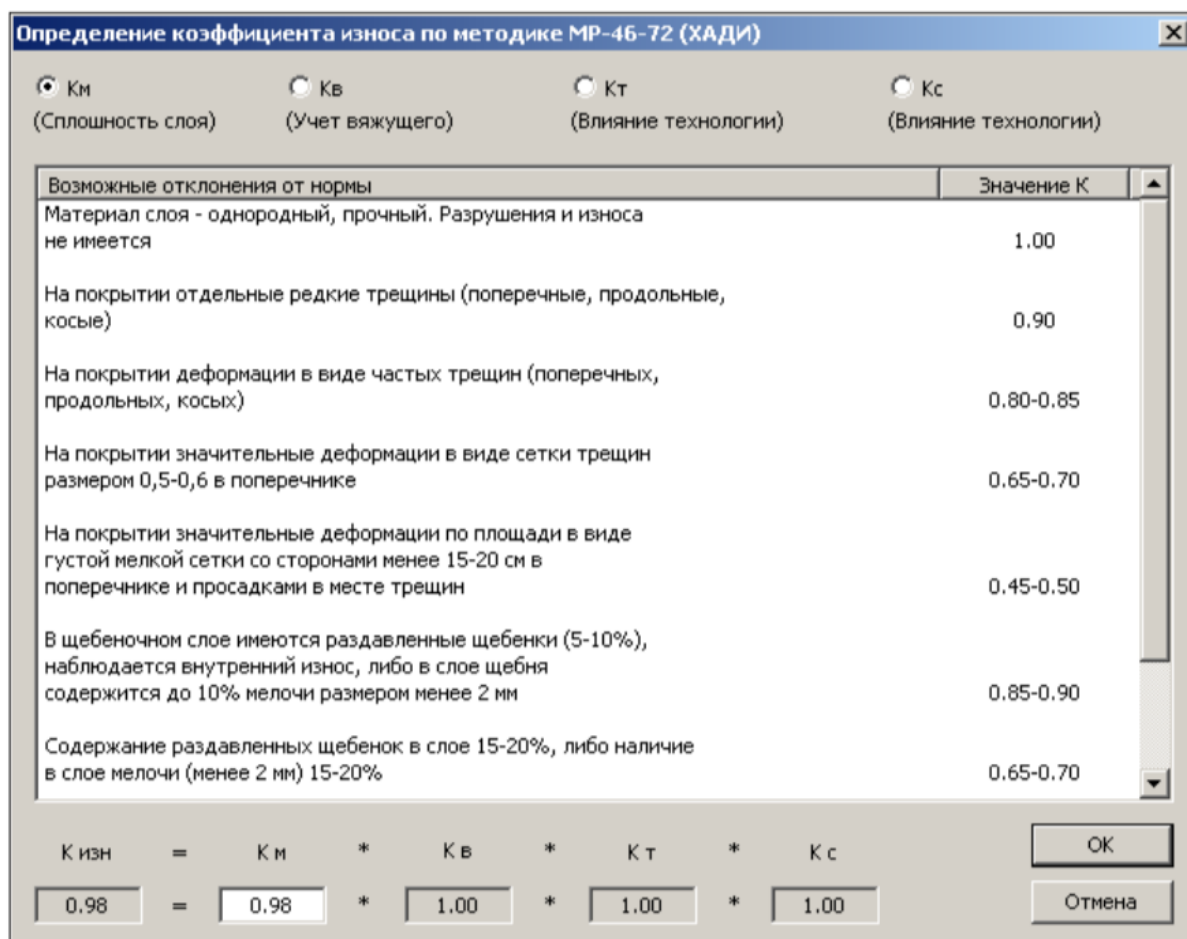


Рис. 3.26

Практическая работа № 6 **РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ НЕЖЕСТКОЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ В «КРЕДО РАДОН»**

Цель работы: Освоение методики проектирования и расчета дорожных одежд нежесткого типа в программном комплексе РАДОН с учетом требований ПНСТ 542-2021.

Необходимые материалы и оборудование:

— ПК с установленным программным комплексом РАДОН

- Методические указания
- Исходные данные для расчета

Исходные данные для расчета:

Область: Владимирская

Категория дороги: 3

Высота насыпи: 1.5 м

Грунт основания: Суглинок легкий

Местный материал: ЩПС

Схема увлажнения: 2

Тип конструкции: Капитальный

Межремонтный срок: 24 года

Коэффициент прироста интенсивности 1.05

Состав дорожного движения:

- Легковые автомобили 1000 шт
- Двухосные грузовые автомобили 300 шт
- Трёхосные грузовые автомобили 25 шт.
- Четырёхосные грузовые автомобили 15 шт.
- Автобусы 5 штук.

Порядок выполнения работы

Запускаем программу КРЕДО Радон и создаем новый расчетный файл через меню «Файл → Создать» (рис. 3.28).

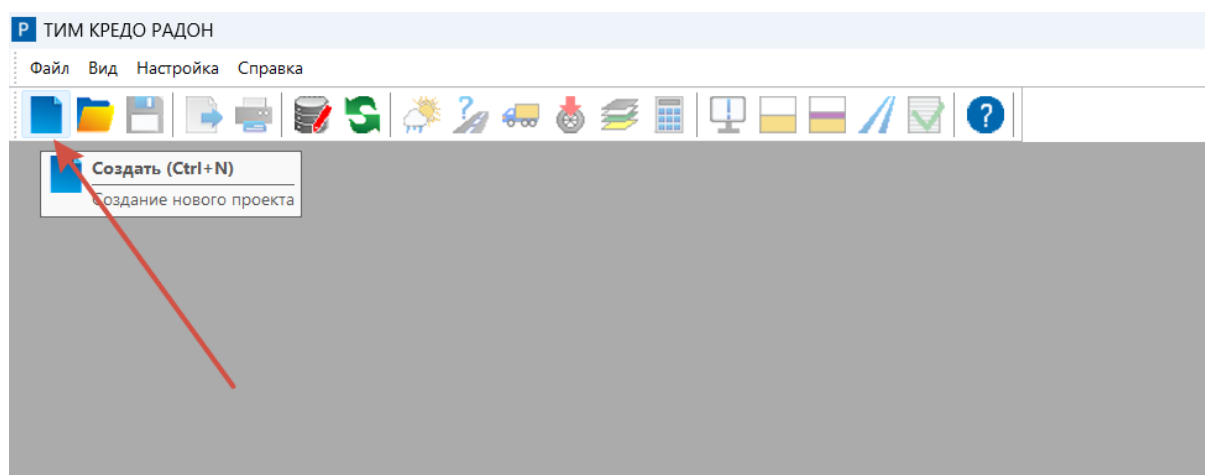


Рис. 3.28

Данная программа предназначена для вычисления параметров дорожных покрытий двух категорий: твердых, таких как бетонные плиты, и гибких, к примеру, асфальтно-бетонные слои. Для выполнения начального расчета выберем методику, установленную в ГОСТ Р 71404-2024. После этого подтверждаем выбор кнопкой «ОК» (рис. 3.29).

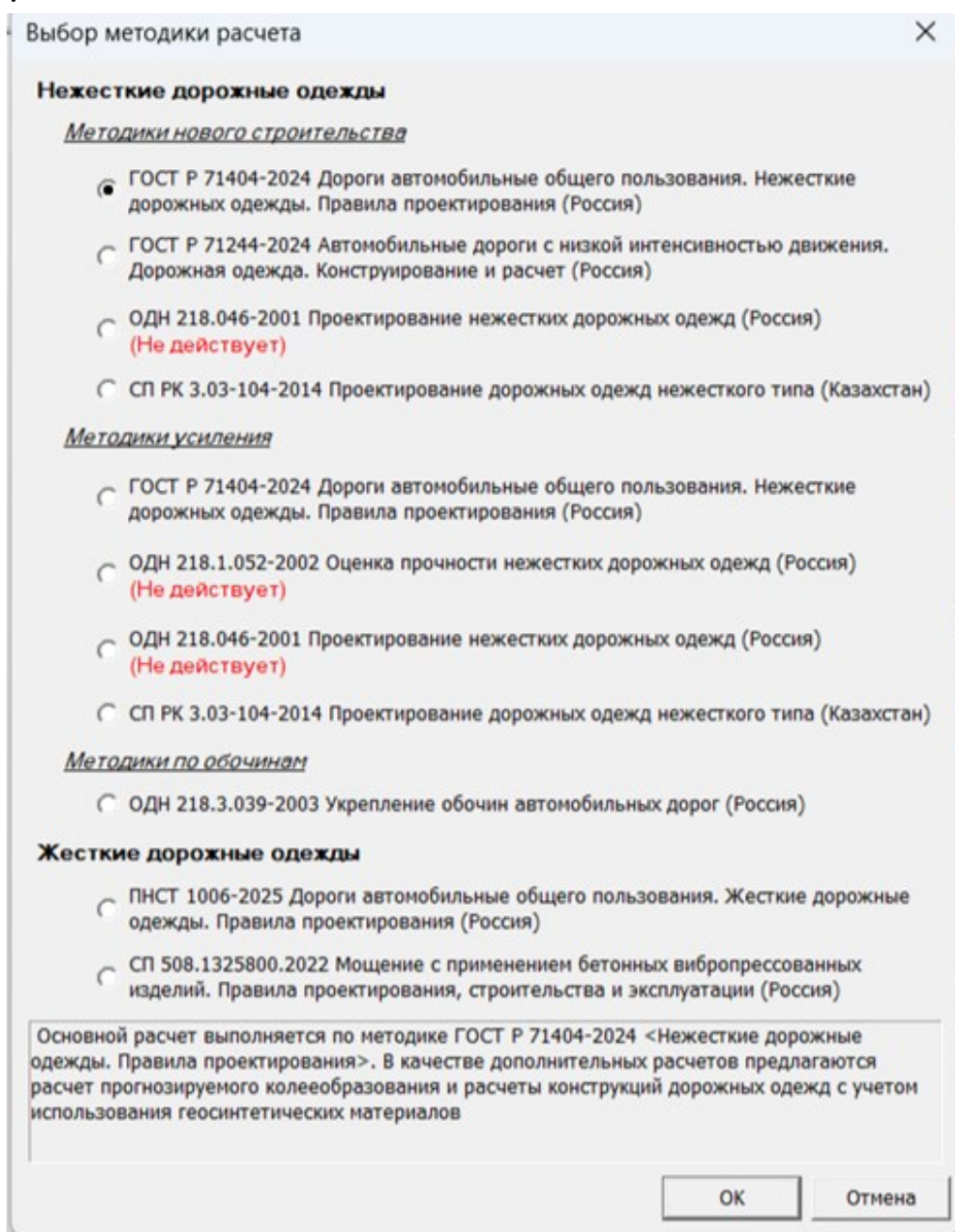


Рис. 3.29

Вводим климатические характеристики через вкладку «Погода» (рис. 3.30):

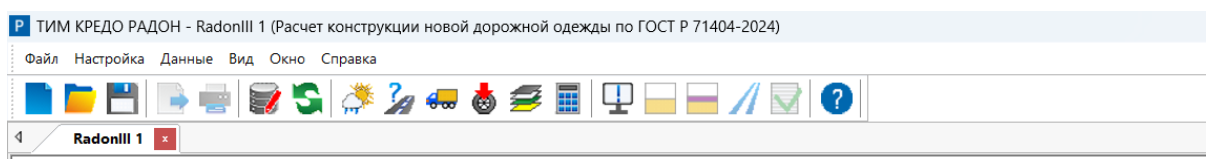


Рис. 3.30

Для выполнения задания необходимо определить дорожно-климатическую зону Владимирской области. Этот выбор можно осуществить с помощью инструмента «Карта» (рис 3.31)..

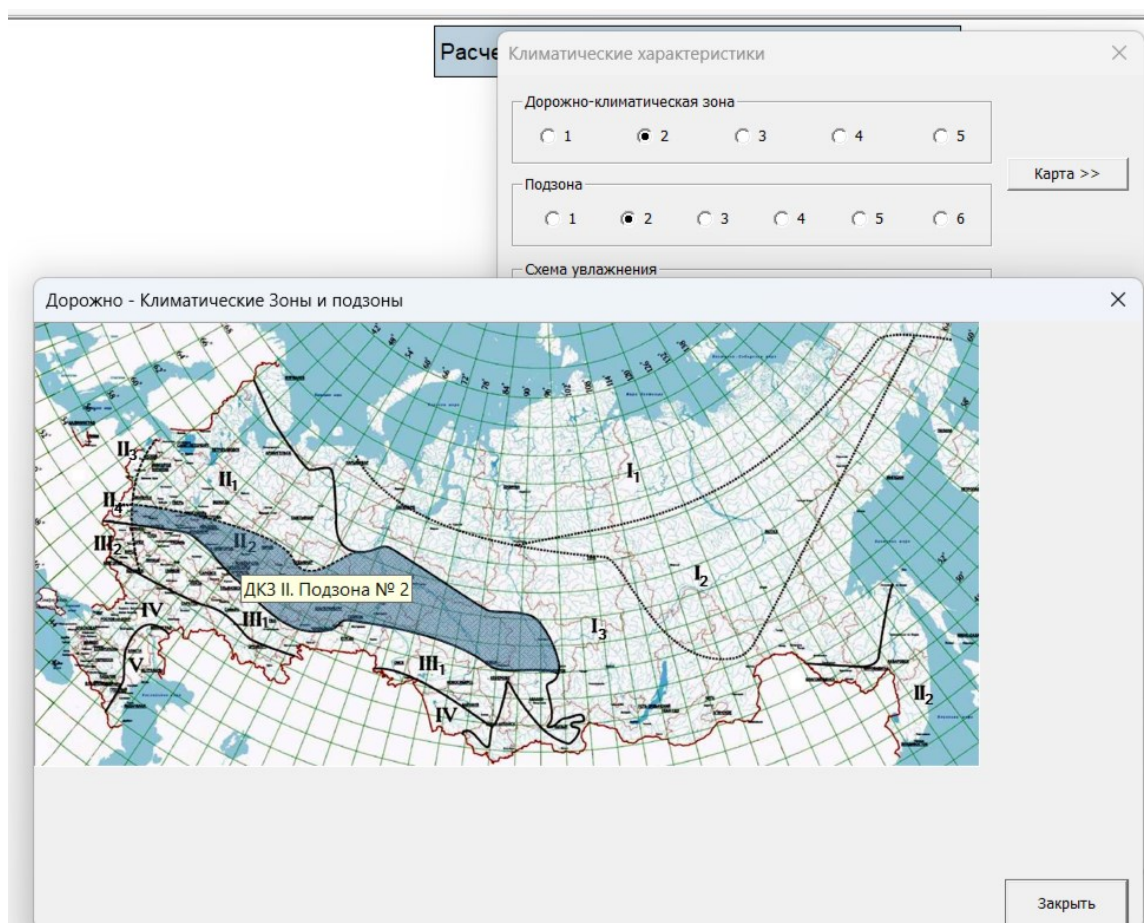


Рис. 3.31

Вторым шагом в задании устанавливаем метод увлажнения рабочего слоя, настраивая соответствующие параметры (рис. 3.32).

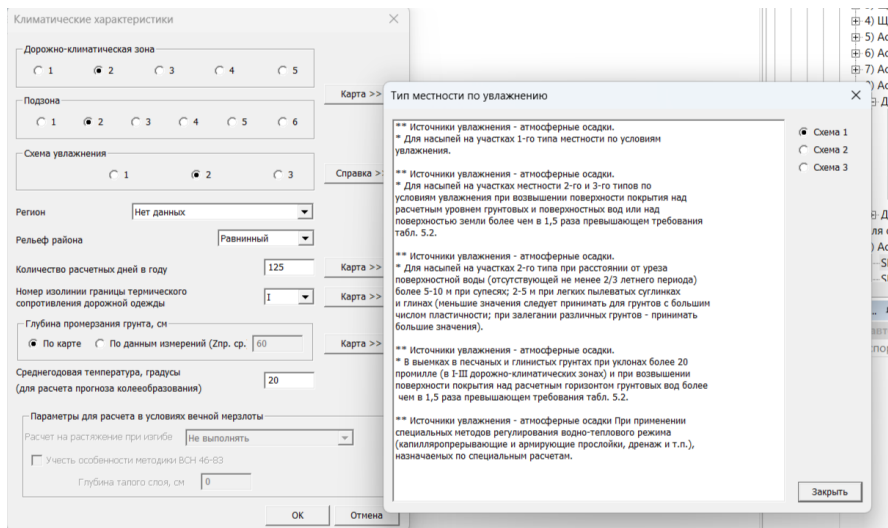


Рис. 3.32

Вводим данные о типе рельефа местности (рис. 3.33).

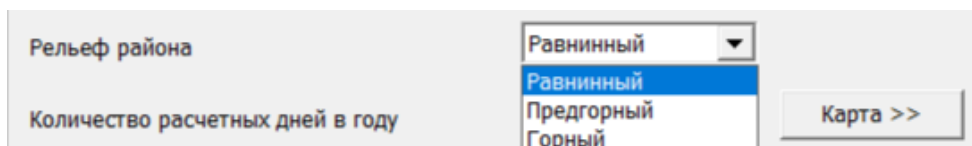


Рис. 3.33

Вводим количество расчетных дней в году через подсказку «карта» (рис. 3.34).

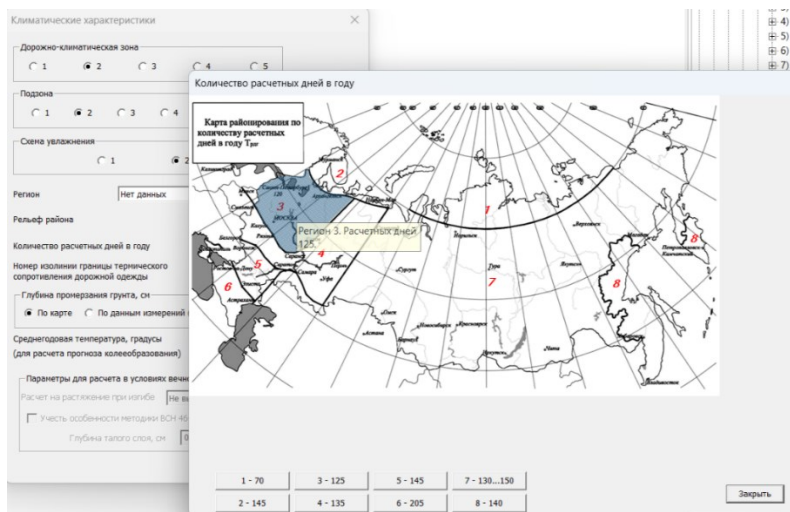


Рис. 3.34

Вводим глубину промерзания грунта по подсказке «карта» (рис. 3.35).

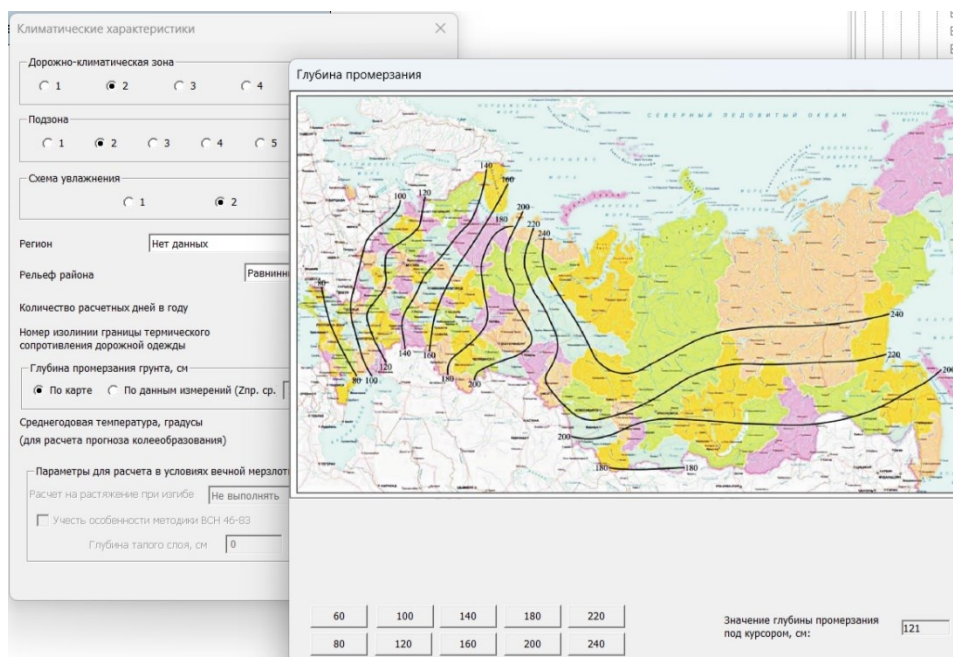


Рис. 3.35

Заполняем среднегодовую температуру и нажимаем «ОК» (рис. 3.36).

Глубина промерзания грунта, см

По карте По данным измерений (Зпр. ср.:

Среднегодовая температура, градусы
 (для расчета прогноза колееобразования)

Параметры для расчета в условиях вечной мерзлоты

Расчет на растяжение при изгибе

Учесть особенности методики ВСН 46-83

Глубина талого слоя, см

Рис. 3.36

Переходим на вкладку «Сведения о дороге» и заполняем общие данные о дороге. Указываем наименование объекта (рис. 3.37).

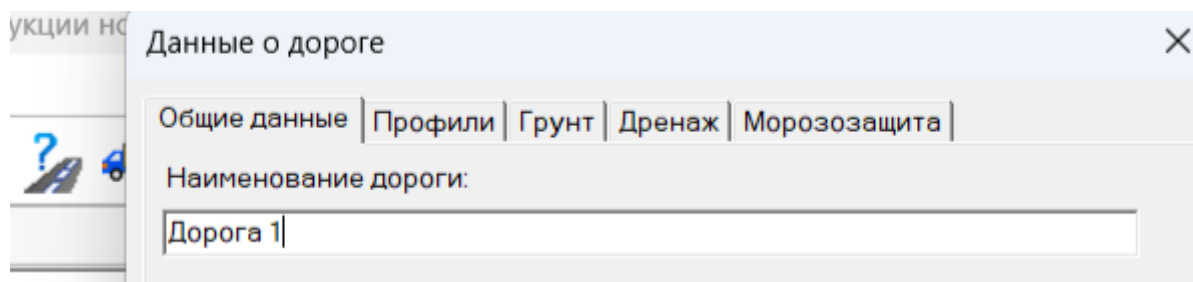


Рис. 3.37

Вводим категорию дороги (рис. 3.38).

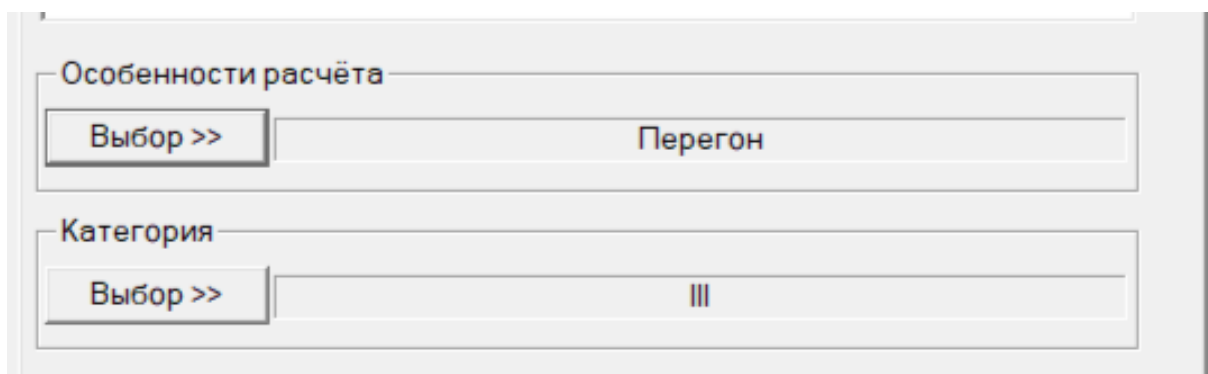


Рис. 3.38

Определяем количество полос движения (рис. 3.39).

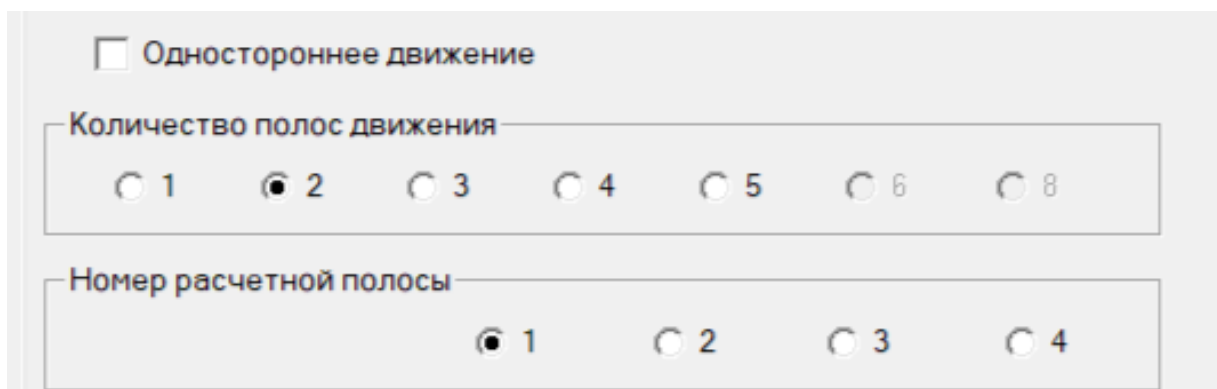


Рис. 3.39

Выбираем тип конструкции (рис. 3.40).

Тип конструкции

- Капитальный
- Усовершенствованный облегченный
- Переходный

Рис. 3.40

Задаем межремонтный срок службы и нажимаем «ОК» (рис. 3.41).

Принятый срок службы, лет: 24

Принятый межремонтный срок службы, лет: 12

Справка >>

Требуемые коэффициенты прочности и надежности

Коэффициент надежности	0.92	<input type="checkbox"/>
При расчете на упругий прогиб	1.17	<input type="checkbox"/>
При расчете на сдвиг в слабосвязных слоях основания	1	<input type="checkbox"/>
При расчете на растяжение при изгибе в верхних монолитных слоях	1	<input type="checkbox"/>

ОК Отмена Применить Справка

Рис. 3.41

Переходим в вкладку «Профили», проверяем геометрические характеристики дорожного полотна и задаем рабочую высоту насыпи и «Применить» (рис. 3.42).

The image shows a software dialog box titled "Данные о дороге" (Road Data) with a close button (X) in the top right corner. The dialog has five tabs: "Общие данные" (General data), "Профили" (Profiles), "Грунт" (Soil), "Дренаж" (Drainage), and "Морозозащита" (Frost protection). The "Профили" tab is active.

The "Профили" tab is divided into two main sections:

- Дорожное полотно** (Roadway):
 - Ширина полосы движения, м (Lane width, m): 3.5
 - Ширина разделительной полосы, м (Separator width, m): 0
 - Ширина обочины, м (Shoulder width, m): 2.5
 - В т.ч. ширина укрепленной обочины, м (Including reinforced shoulder width, m): 0.5
 - Заложение откоса, 1: (Slope ratio, 1:): 4
- Профили** (Profiles):
 - Поперечный профиль (Cross-section profile):
 - Двускатный (Two-sloped)
 - Односкатный (Single-sloped)
 - Учесть вогнутость профиля (Consider concavity of profile)
 - Продольные уклоны, ‰ (Longitudinal slopes, ‰):
 - До перелома профиля (Before profile break): 0
 - После перелома профиля (After profile break): 0
 - Насыпь / Выемка (Fill / Cut):
 - Высота насыпи, м (Fill height, m): 1.5

At the bottom of the dialog, there are four buttons: "ОК", "Отмена" (Cancel), "Применить" (Apply), and "Справка" (Help).

Рис. 3.42

Выбираем тип грунта рабочего слоя (рис. 3.43).

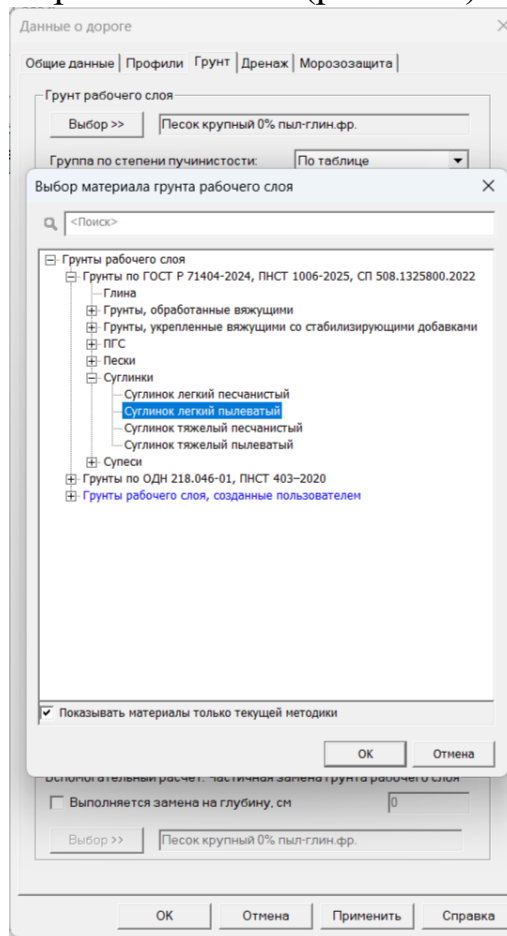


Рис. 3.43

Определяем состав движения. Вводим коэффициент роста интенсивности движения 1.05 (рис. 3.44).

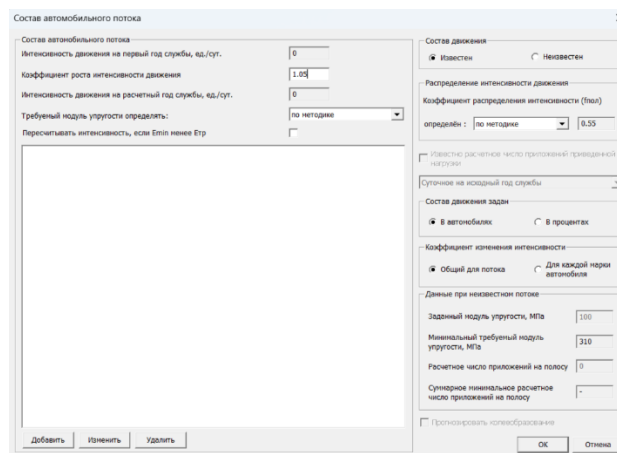


Рис. 3.44

Указываем количество транспортных средств через кнопку «добавить». Выбираем нагрузку на колесо 115 кН (рис. 3.45-3.47):

- Легковые автомобили 1000 шт
- Двухосные грузовые автомобили 300 шт
- Трёхосные грузовые автомобили 25 шт.
- Четырёхосные грузовые автомобили 15 шт.
- Автобусы 5 штук.

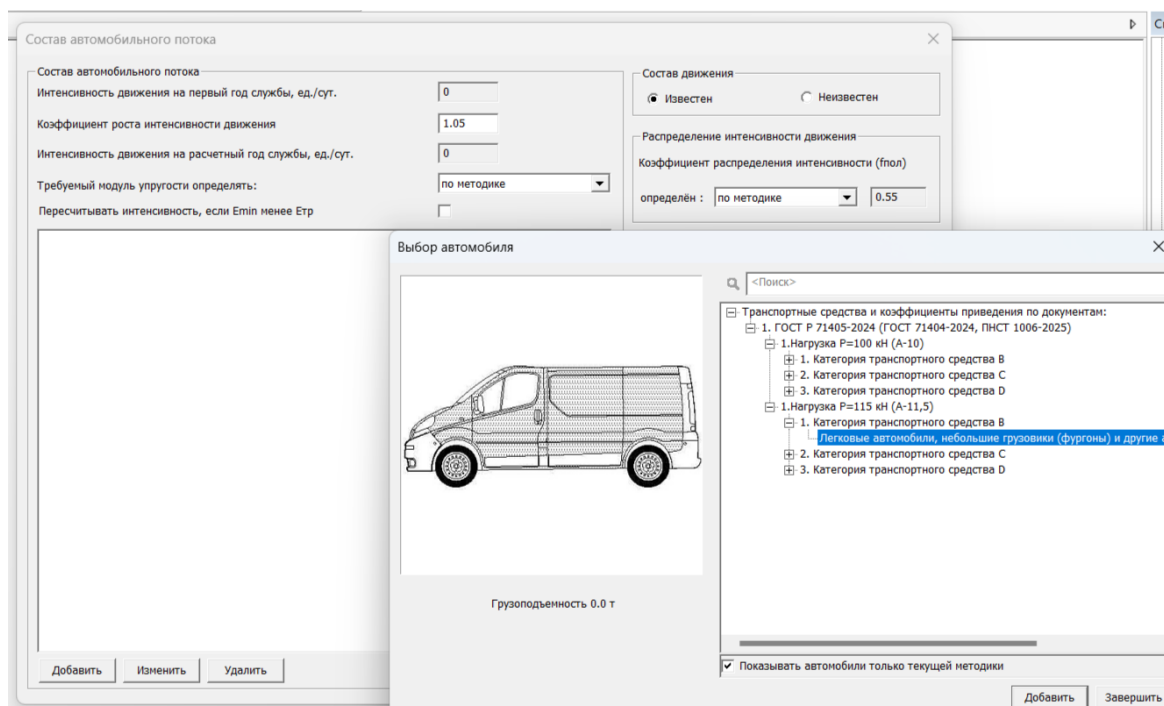


Рис. 3.45

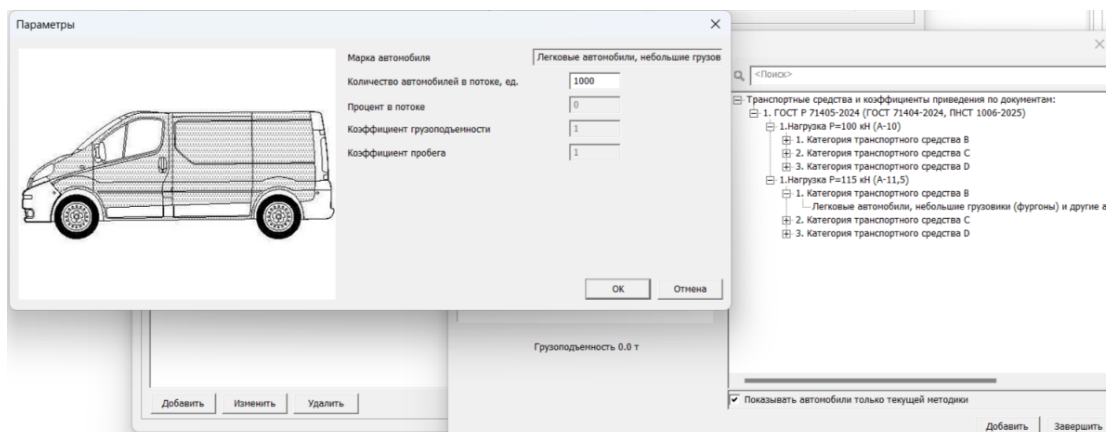


Рис. 3.46

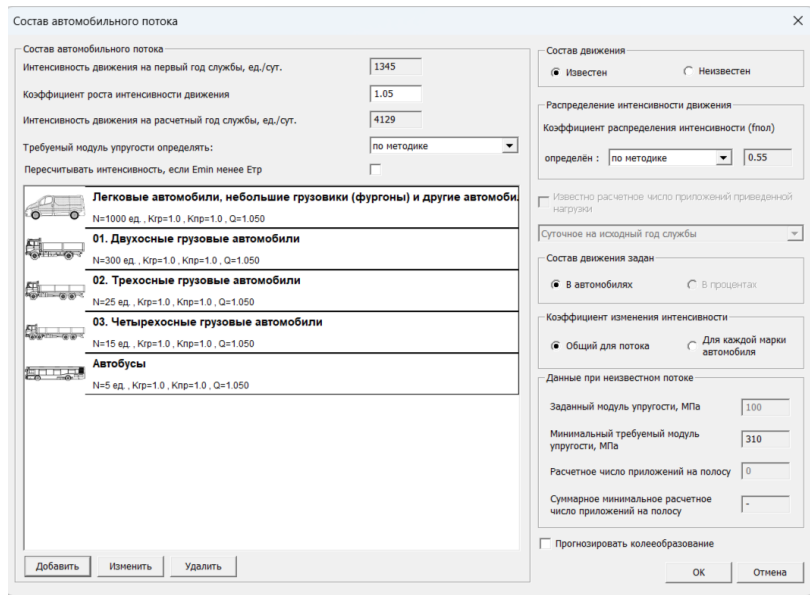


Рис. 3.47

Выбираем **расчетную нагрузку** согласно категории дороги (например, 115 кН/м для дороги 3 категории) (рис. 3.48).

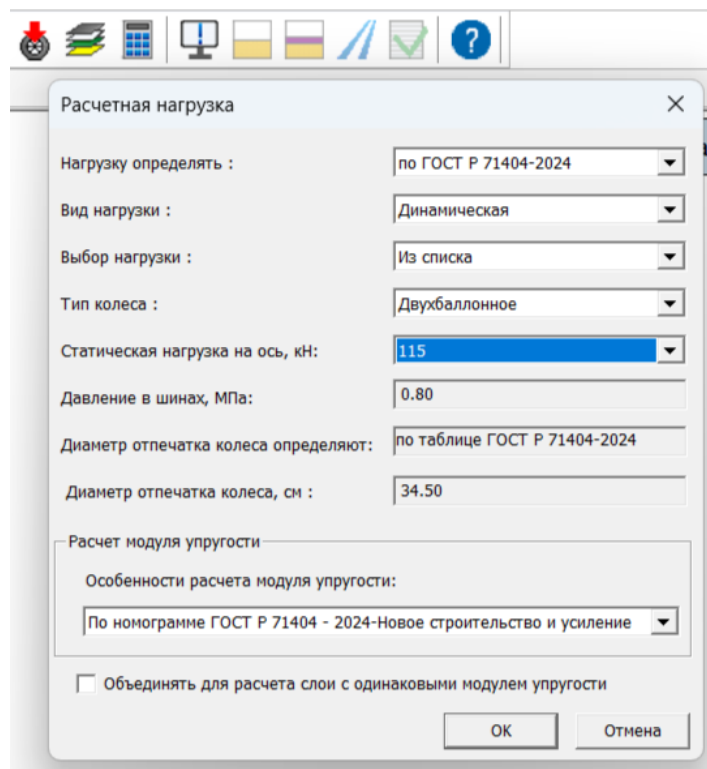


Рис. 3.48

Поскольку в разделе «Грунты» мы остановились на лёгком су-глинке, именно он будет отображён первым в разделе «Конструкции». Теперь необходимо с помощью функции «Вставить» добавить ещё четыре дополнительных слоя (рис. 3.49).

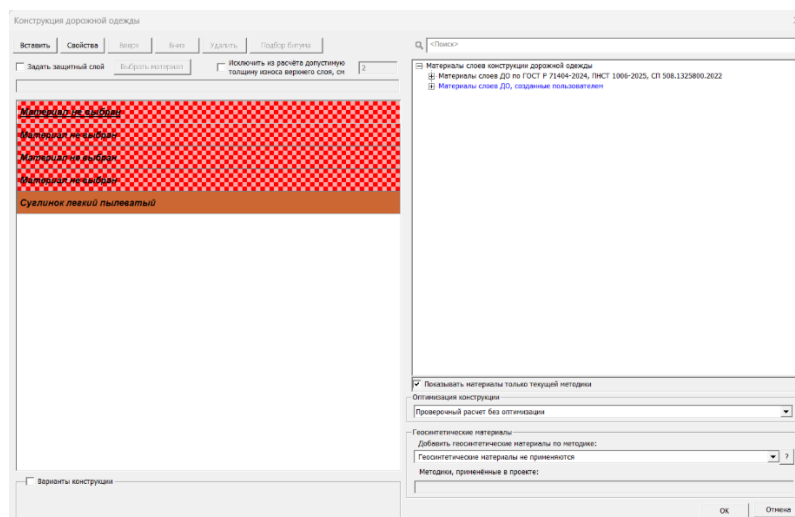


Рис. 3.49

Для верхнего покрытия предпочтительно использовать асфальтобетон толщиной 6 см, который отличается высокой прочностью и минимальной толщиной (рис. 3.50).

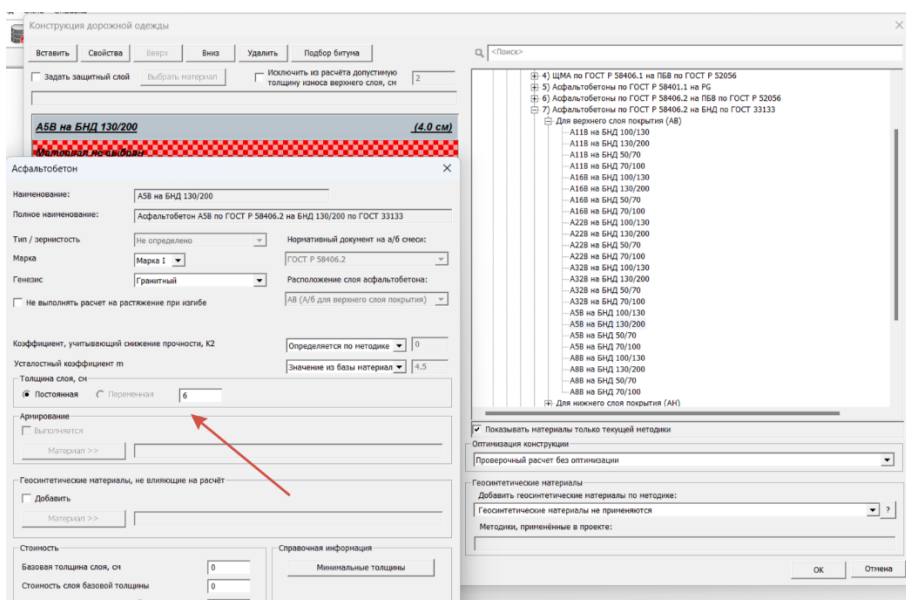


Рис. 3.50

Анализируем результаты, исправляем замечания и заново включаем расчет (рис. 3.53):

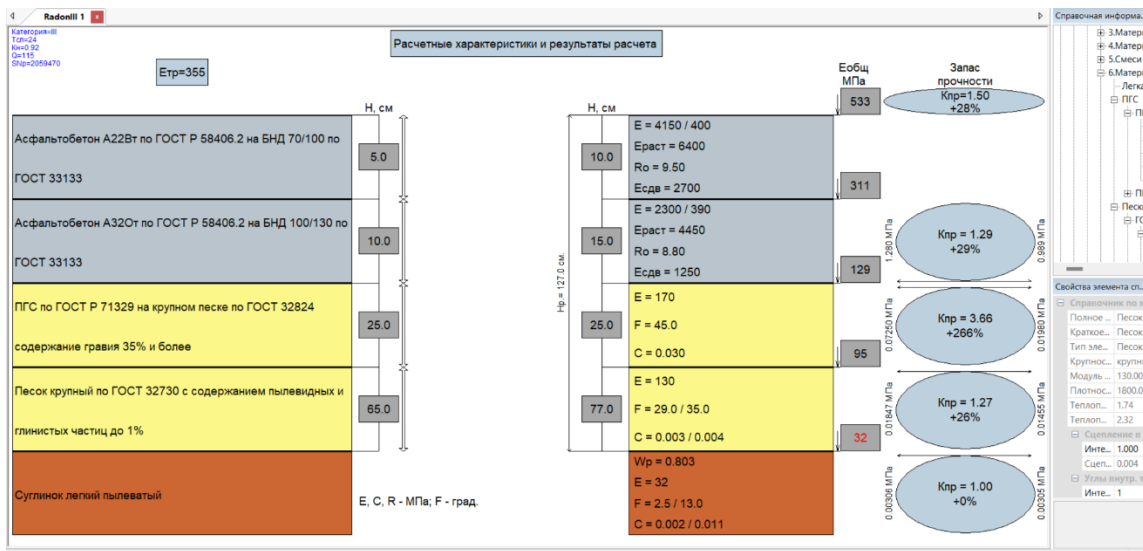


Рис. 3.53

Сохраняем обработанную информацию, преобразуя её в файлы форматов RT, DXF и DEXE для последующего использования (рис. 3.54-3.55).

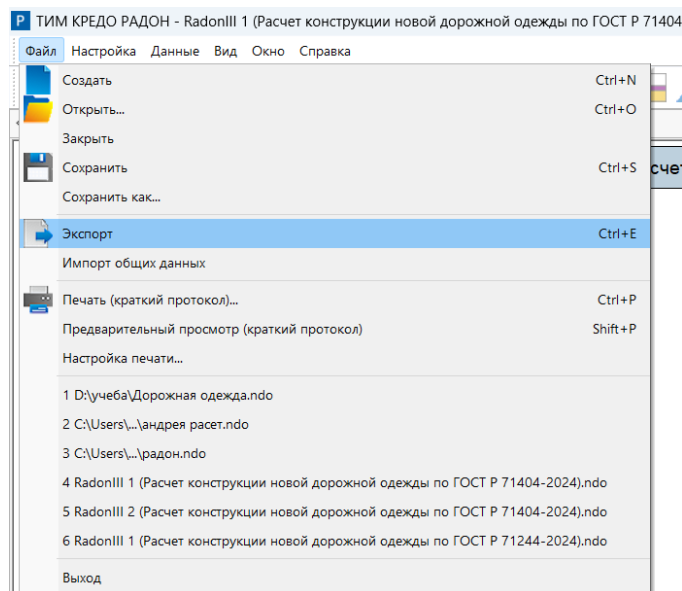
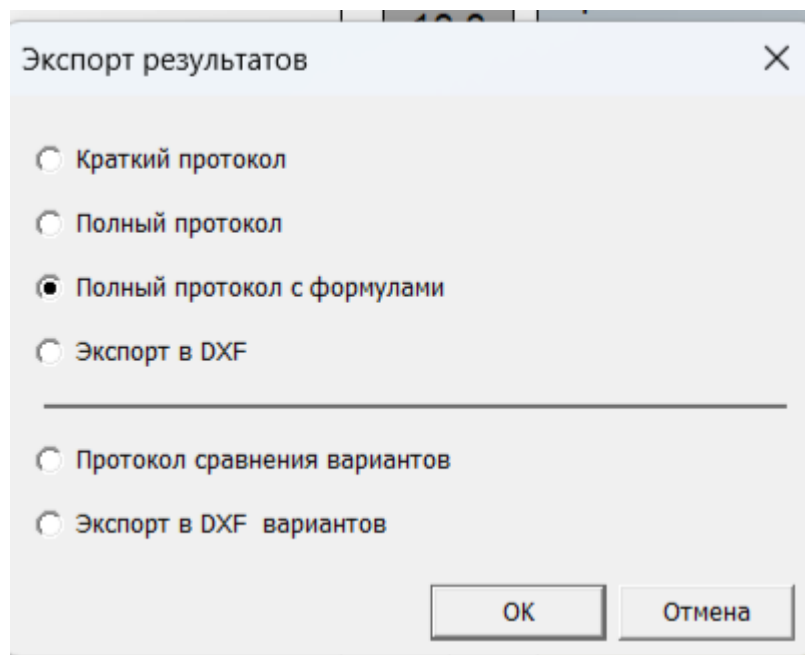


Рис 3.54



3.55

- Завершаем работу с программой

Варианты заданий к практической работе №3

Таблица 35

№ варианта	Исходные данные
1	Область: Владимирская Категория дороги: III Интенсивность: 4280 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.5 м Грунт основания: Суглинок легкий Состав движения: - Легковые: 1200 шт. - Грузовые 2-осные: 300 шт. - Грузовые 3-осные: 25 шт. - Грузовые 4-осные: 15 шт. - Автопоезда: 50 шт. - Автобусы: 5 шт. Материал: ЩПС Схема увлажнения: 2 Тип конструкции: Капитальный Межремонтный срок: 24 года Коэффициент прироста: 1.05
2	Область: Московская Категория дороги: II Интенсивность: 6500 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.2 м Грунт основания: Суглинок тяжелый Состав движения: - Легковые: 2000 шт. - Грузовые 2-осные: 400 шт. - Грузовые 3-осные: 50 шт. - Грузовые 4-осные: 30 шт. - Автопоезда: 100 шт. - Автобусы: 10 шт. Материал: ЩПС Схема увлажнения: 1 Тип конструкции: Капитальный Межремонтный срок: 22 года Коэффициент прироста: 1.04

3	Область: Ярославская Категория дороги: III Интенсивность: 3800 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.8 м Грунт основания: Супесь Состав движения: - Легковые: 1100 шт. - Грузовые 2-осные: 250 шт. - Грузовые 3-осные: 30 шт. - Грузовые 4-осные: 20 шт. - Автопоезда: 45 шт. - Автобусы: 6 шт. Материал: ГПС Схема увлажнения: 3 Тип конструкции: Капитальный Межремонтный срок: 26 лет Коэффициент прироста: 1.06
4	Область: Тверская Категория дороги: II Интенсивность: 7200 привед. ед./сут Высота насыпи: 2.0 м Грунт основания: Глина Состав движения: - Легковые: 2200 шт. - Грузовые 2-осные: 450 шт. - Грузовые 3-осные: 60 шт. - Грузовые 4-осные: 40 шт. - Автопоезда: 120 шт. - Автобусы: 15 шт. Материал: Щебень Схема увлажнения: 2 Тип конструкции: Усиленный Межремонтный срок: 28 лет Коэффициент прироста: 1.07
5	Область: Рязанская Категория дороги: III Интенсивность: 2500 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.4 м Грунт основания: Суглинок пылеватый Состав движения: - Легковые: 800 шт. - Грузовые 2-осные: 150 шт. - Грузовые 3-осные: 22 шт. - Грузовые 4-осные: 12 шт. - Автопоезда: 48 шт. - Автобусы: 5 шт. Материал: ЩПС, Схема увлажнения: 2 Тип конструкции: Усиленный Межремонтный срок: 28 лет Коэффициент прироста: 1.07
6	Область: Воронежская Категория дороги: III Интенсивность: 3150 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.6 м Грунт основания: Супесь пылеватая Состав движения: - Легковые: 950 шт. - Грузовые 2-осные: 220 шт. - Грузовые 3-осные: 28 шт. - Грузовые 4-осные: 18 шт. - Автопоезда: 46 шт. - Автобусы: 4 шт. Материал: ГПС Схема увлажнения: 2 Тип конструкции: Облегченный Межремонтный срок: 23 года Коэффициент прироста: 1.04
7	Область: Тамбовская Категория дороги: IV Интенсивность: 1750 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.3 м Грунт основания: Песок мелкий Состав движения: - Легковые: 700 шт. - Грузовые 2-осные: 120 шт. - Грузовые 3-осные: 15 шт. - Грузовые 4-осные: 8 шт. - Автопоезда: 35 шт. - Автобусы: 3 шт. Материал: ЩПС Схема увлажнения: 1 Тип конструкции: Обычный Межремонтный срок: 21 год Коэффициент прироста: 1.03
8	Область: Пензенская Категория дороги: II Интенсивность: 6200 привед. ед./сут Высота насыпи: 2.2 м Грунт основания: Глина тяжелая Состав движения: - Легковые: 1800 шт. - Грузовые 2-осные: 360 шт. - Грузовые 3-осные: 45 шт. - Грузовые 4-осные: 30 шт. - Автопоезда: 90 шт. - Автобусы: 7 шт. Материал: Щебень Схема увлажнения: 3 Тип конструкции: Усиленный Межремонтный срок: 27 лет Коэффициент прироста: 1.06

9	Область: Саратовская Категория дороги: III Интенсивность: 4500 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.7 м Грунт основания: Суглинок средний Состав движения: - Легковые: 1300 шт. - Грузовые 2-осные: 330 шт. - Грузовые 3-осные: 30 шт. - Грузовые 4-осные: 20 шт. - Автопоезда: 55 шт. - Автобусы: 6 шт. Материал: ГПС Схема увлажнения: 2 Тип конструкции: Капитальный Межремонтный срок: 25 лет Коэффициент прироста: 1.05
10	Область: Волгоградская Категория дороги: IV Интенсивность: 1600 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.4 м Грунт основания: Песок средней крупности Состав движения: - Легковые: 650 шт. - Грузовые 2-осные: 110 шт. - Грузовые 3-осные: 12 шт. - Грузовые 4-осные: 7 шт. - Автопоезда: 32 шт. - Автобусы: 2 шт. Материал: ЩПС Схема увлажнения: 1, Тип конструкции: Капитальный Межремонтный срок: 25 лет Коэффициент прироста: 1.05
11	Область: Астраханская Категория дороги: III Интенсивность: 3900 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.8 м Грунт основания: Супесь с гравием Состав движения: - Легковые: 1050 шт. - Грузовые 2-осные: 270 шт. - Грузовые 3-осные: 35 шт. - Грузовые 4-осные: 25 шт. - Автопоезда: 49 шт. - Автобусы: 5 шт. Материал: Щебень Схема увлажнения: 3 Тип конструкции: Капитальный Межремонтный срок: 26 лет Коэффициент прироста: 1.05
12	Область: Ростовская Категория дороги: II Интенсивность: 6700 привед. ед./сут Высота насыпи: 2.1 м Грунт основания: Глинистые сланцы Состав движения: - Легковые: 2100 шт. - Грузовые 2-осные: 420 шт. - Грузовые 3-осные: 55 шт. - Грузовые 4-осные: 35 шт. - Автопоезда: 110 шт. - Автобусы: 12 шт. Материал: ГПС Схема увлажнения: 2 Тип конструкции: Усиленный Межремонтный срок: 28 лет Коэффициент прироста: 1.07
13	Область: Ставропольский край Категория дороги: IV Интенсивность: 1500 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.2 м Грунт основания: Песчано-глинистые отложения Состав движения: - Легковые: 600 шт. - Грузовые 2-осные: 100 шт. - Грузовые 3-осные: 10 шт. - Грузовые 4-осные: 6 шт. - Автопоезда: 30 шт. - Автобусы: 2 шт. Материал: ЩПС Схема увлажнения: 1 Тип конструкции: Обычный Межремонтный срок: 20 лет Коэффициент прироста: 1.03
14	Область: Краснодарский край Категория дороги: III Интенсивность: 4300 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.9 м Грунт основания: Суглинок тяжелый Состав движения: - Легковые: 1150 шт. - Грузовые 2-осные: 310 шт. - Грузовые 3-осные: 32 шт. - Грузовые 4-осные: 22 шт. - Автопоезда: 52 шт. - Автобусы: 7 шт. Материал: Щебень Схема увлажнения: 3 Тип конструкции: Капитальный Межремонтный срок: 25 лет Коэффициент прироста: 1.06

15	Область: Карачаево-Черкесия Категория дороги: II Интенсивность: 6400 привед. ед./сут Высота насыпи: 2.3 м Грунт основания: Скальные породы Состав движения: - Легковые: 1900 шт. - Грузовые 2-осные: 380 шт. - Грузовые 3-осные: 48 шт. - Грузовые 4-осные: 32 шт. - Автопоезда: 95 шт. - Автобусы: 1 Материал: Щебень Схема увлажнения: 3 Тип конструкции: Облегченный Межремонтный срок: 23 года, Коэффициент прироста: 1.06
16	Область: Кабардино-Балкария Категория дороги: III Интенсивность: 3700 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.7 м Грунт основания: Щебенистый суглинок Состав движения: - Легковые: 1000 шт. - Грузовые 2-осные: 250 шт. - Грузовые 3-осные: 28 шт. - Грузовые 4-осные: 20 шт. - Автопоезда: 45 шт. - Автобусы: 4 шт. Материал: ГПС Схема увлажнения: 2 Тип конструкции: Облегченный Межремонтный срок: 24 года Коэффициент прироста: 1.04
17	Область: Северная Осетия Категория дороги: IV Интенсивность: 1400 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.1 м Грунт основания: Глинистый мергель Состав движения: - Легковые: 550 шт. - Грузовые 2-осные: 90 шт. - Грузовые 3-осные: 8 шт. - Грузовые 4-осные: 5 шт. - Автопоезда: 27 шт. - Автобусы: 1 шт. Материал: ЩПС Схема увлажнения: 1 Тип конструкции: Обычный Межремонтный срок: 21 год Коэффициент прироста: 1.02
18	Область: Дагестан Категория дороги: II Интенсивность: 6900 привед. ед./сут Высота насыпи: 2.4 м Грунт основания: Известняки Состав движения: - Легковые: 2300 шт. - Грузовые 2-осные: 460 шт. - Грузовые 3-осные: 65 шт. - Грузовые 4-осные: 40 шт. - Автопоезда: 125 шт. - Автобусы: 14 шт. Материал: Щебень Схема увлажнения: 3 Тип конструкции: Усиленный Межремонтный срок: 29 лет Коэффициент прироста: 1.08
19	Область: Чеченская республика Категория дороги: III Интенсивность: 4100 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.6 м Грунт основания: Супесь с валунами Состав движения: - Легковые: 1200 шт. - Грузовые 2-осные: 300 шт. - Грузовые 3-осные: 30 шт. - Грузовые 4-осные: 25 шт. - Автопоезда: 50 шт. - Автобусы: 6 шт. Материал: ГПС Схема увлажнения: 2 Тип конструкции: Капитальный Межремонтный срок: 25 лет Коэффициент прироста: 1.05
20	Область: Ингушетия Категория дороги: IV Интенсивность: 1300 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.0 м Грунт основания: Глинистые сланцы Состав движения: - Легковые: 500 шт. - Грузовые 2-осные: 80 шт. - Грузовые 3-осные: 7 шт. - Грузовые 4-осные: 4 шт. - Автопоезда: 25 шт. - Автобусы: 1 Коэффициент прироста: 1.05 Материал: Щебень Схема увлажнения: 3 Тип конструкции: Облегченный Межремонтный срок: 23 года, Коэффициент прироста: 1.05

21	Область: Республика Алтай Категория дороги: III Интенсивность: 3400 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.8 м Грунт основания: Щебенистый грунт Состав движения: - Легковые: 900 шт. - Грузовые 2-осные: 240 шт. - Грузовые 3-осные: 26 шт. - Грузовые 4-осные: 18 шт. - Автопоезда: 42 шт. - Автобусы: 3 шт. Материал: Щебень Схема увлажнения: 3 Тип конструкции: Облегченный Межремонтный срок: 23 года Коэффициент прироста: 1.04
22	Область: Республика Хакасия Категория дороги: IV Интенсивность: 1800 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.2 м Грунт основания: Глинистые породы Состав движения: - Легковые: 680 шт. - Грузовые 2-осные: 110 шт. - Грузовые 3-осные: 14 шт. - Грузовые 4-осные: 9 шт. - Автопоезда: 36 шт. - Автобусы: 2 шт. Материал: ЩПС Схема увлажнения: 1 Тип конструкции: Обычный Межремонтный срок: 22 года Коэффициент прироста: 1.03
23	Область: Красноярский край Категория дороги: II Интенсивность: 7100 привед. ед./сут Высота насыпи: 2.5 м Грунт основания: Скальные породы средней прочности Состав движения: - Легковые: 2400 шт. - Грузовые 2-осные: 490 шт. - Грузовые 3-осные: 70 шт. - Грузовые 4-осные: 45 шт. - Автопоезда: 130 шт. - Автобусы: 16 шт. Материал: ГПС Схема увлажнения: 2 Тип конструкции: Усиленный Межремонтный срок: 30 лет Коэффициент прироста: 1.09
24	Область: Новосибирская область Категория дороги: III Интенсивность: 4000 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.9 м Грунт основания: Суглинок с гравием Состав движения: - Легковые: 1100 шт. - Грузовые 2-осные: 320 шт. - Грузовые 3-осные: 31 шт. - Грузовые 4-осные: 23 шт. - Автопоезда: 51 шт. - Автобусы: 5 шт. Материал: Щебень Схема увлажнения: 3 Тип конструкции: Капитальный Межремонтный срок: 26 лет Коэффициент прироста: 1.06
25	Область: Омская область Категория дороги: IV Интенсивность: 1200 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.1 м Грунт основания: Песчано-глинистые отложения Состав движения: - Легковые: 450 шт. - Грузовые 2-осные: 70 шт. - Грузовые 3-осные: 6 шт. - Грузовые 4-осные: 3 шт. - Автопоезда: 22 шт. - Автобусы: 1 Материал: Щебень Схема увлажнения: 3 Тип конструкции: Облегченный Межремонтный срок: 23 года
26	Область: Алтайский край Категория дороги: III Интенсивность: 3600 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.7 м Грунт основания: Супесь с галькой Состав движения: - Легковые: 950 шт. - Грузовые 2-осные: 260 шт. - Грузовые 3-осные: 29 шт. - Грузовые 4-осные: 21 шт. - Автопоезда: 47 шт. - Автобусы: 4 шт. Материал: ГПС Схема увлажнения: 2 Тип конструкции: Облегченный Межремонтный срок: 24 года Коэффициент прироста: 1.05

27	Область: Республика Тыва Категория дороги: IV Интенсивность: 1100 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.0 м Грунт основания: Глинистые сланцы Состав движения: - Легковые: 400 шт. - Грузовые 2-осные: 60 шт. - Грузовые 3-осные: 5 шт. - Грузовые 4-осные: 3 шт. - Автопоезда: 20 шт. - Автобусы: 1 шт. Материал: ЩПС Схема увлажнения: 1 Тип конструкции: Обычный Межремонтный срок: 21 год Коэффициент прироста: 1.02
28	Область: Кемеровская область Категория дороги: II Интенсивность: 7300 привед. ед./сут Высота насыпи: 2.6 м Грунт основания: Метаморфические породы Состав движения: - Легковые: 2500 шт. - Грузовые 2-осные: 510 шт. - Грузовые 3-осные: 75 шт. - Грузовые 4-осные: 50 шт. - Автопоезда: 140 шт. - Автобусы: 18 шт. Материал: Щебень Схема увлажнения: 3 Тип конструкции: Усиленный Межремонтный срок: 31 год Коэффициент прироста: 1.10
29	Область: Томская область Категория дороги: III Интенсивность: 3900 привед. ед./сут Высота насыпи: 1.8 м Грунт основания: Торфяно-болотистый Состав движения: - Легковые: 1050 шт. - Грузовые 2-осные: 280 шт. - Грузовые 3-осные: 33 шт. - Грузовые 4-осные: 24 шт. - Автопоезда: 53 шт. - Автобусы: 6 шт. Материал: ГПС Схема увлажнения: 2 Тип конструкции: Капитальный Межремонтный срок: 27 лет Коэффициент прироста: 1.07
30	Область: Красноярский край (юг) Категория дороги: IV Интенсивность: 1000 привед. ед./сут Высота насыпи: 0.9 м Грунт основания: Песчано-гравийная смесь Состав движения: - Легковые: 350 шт. - Грузовые 2-осные: 50 шт. - Грузовые 3-осные: 4 шт. - Грузовые 4-осные: 2 шт. - Автопоезда: 18 шт. - Автобусы: 1 шт. Материал: ГПС Схема увлажнения: 2 Тип конструкции: Капитальный Межремонтный срок: 27 лет Коэффициент прироста: 1.07

Контрольные вопросы к теме

1. **Что такое дорожная одежда** и какие основные типы дорожных одежд существуют?
2. **Какие факторы** влияют на выбор типа дорожной одежды при проектировании?
3. **Из каких слоев** состоит типичная конструкция дорожной одежды?

4. **Какие материалы** используются для устройства основания дорожной одежды?
5. **Как определяется** требуемая прочность дорожной одежды?
6. **Какие методы расчета** используются при проектировании дорожной одежды?
7. **Что такое допустимый прогиб** и как он влияет на проектирование?
8. **Какие требования** предъявляются к материалам для верхнего слоя покрытия?
9. **Как проводится** расчет толщины слоев дорожной одежды?
10. **Какие виды деформаций** могут возникать в дорожной одежде?
11. **Как учитывается** климатический фактор при проектировании дорожной одежды?
12. **Какие существуют методы** усиления существующей дорожной одежды?
13. **Как проводится** оценка прочности существующей дорожной одежды?
14. **Какие параметры** определяют долговечность дорожной одежды?
15. **Как влияет** интенсивность движения на конструкцию дорожной одежды?

Вопросы по применению CREDO RADON

16. **Что представляет собой** система CREDO RADON и для каких задач она предназначена?
17. **Какие типы расчетов** можно выполнять в CREDO RADON?
18. **Как осуществляется** ввод исходных данных в программу?
19. **Какие нормативные документы** используются в CREDO RADON при расчетах?
20. **Как проводится** настройка параметров расчета в программе?
21. **Какие виды отчетов** можно сформировать в CREDO RADON?
22. **Как осуществляется** импорт данных из других систем в CREDO RADON?

23. **Какие типы дорожных одежд** можно проектировать в программе?
24. **Как проводится анализ результатов расчета** в CREDO RADON?
25. **Какие преимущества** дает использование CREDO RADON при проектировании дорожной одежды?
26. **Как осуществляется проверка** корректности введенных данных в программе?
27. **Какие ограничения** существуют при работе с CREDO RADON?
28. **Как проводится оптимизация** конструкции дорожной одежды в программе?
29. **Какие типы грунтов** можно учитывать при расчетах в CREDO RADON?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практикум содержит задания, выполнение которых поможет студентам освоить начальные навыки проектирования в средах NANOCAD, КРЕДО ПРОЕКТИРОВАНИЕ, РАДОН и овладеть инструментами для расчета конструктивных элементов автомобильной дороги.

Самостоятельная работа над заданиями дает возможность студентам приобрести необходимые опыт и навыки в решении поставленных задач по указанным темам.

Знание базовых команд и инструментов, а также приобретенные умения позволят применить изученные методы при решении специальных задач в дальнейшей учебной и практической деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автоматизированное проектирование транспортных сооружений с использованием программных средств CREDO III : лаб. практикум / Т. В. Самодурова [и др.]. — Воронеж : Изд-во ВГТУ, 2019.
2. Порожняков В. С. (ред.) Автомобильные дороги: примеры проектирования. — М. : Транспорт, 1983.
3. Ганьшин В.Н., Хренов Л.С. Таблицы для разбивки круговых и переходных кривых. — 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Недра, 1985.
4. ГОСТ 21.1101–2013. СПДС. Основные требования к проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации. — М. : Стандартинформ, 2015.
5. ГОСТ 21.204–93. Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта. — М. : Изд-во стандартов, 2003.
6. ГОСТ 32965–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока. — М. : Стандартинформ, 2016.
7. ГОСТ 33475–2015. Дороги автомобильные общего пользования. Геометрические элементы. Технические требования. — М. : Стандартинформ, 2016.
8. ГОСТ 34.13330–2021. Автомобильные дороги (СНиП 2.05.02–85). — М. : ФГБУ «РСТ», 2021.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. Официальный сайт компании «Кредо-Диалог» – URL: <https://credo-dialogue.ru/> (дата обращения: 06.05.2026).
2. Официальный сайт NANOCAD. – URL: <https://www.nanocad.ru/> (дата обращения: 06.05.2026).

Учебное издание

КАНДРАШКИНА Юлия Сергеевна
ИЛЬИЧЕВ Данила Андреевич
ПАЗУХИН Павел Юрьевич

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Практикум

Издается в авторской редакции

Системные требования: Intel от 1,3 ГГц; Windows XP/7/8/10; Adobe Reader;
дисковод DVD-ROM.

Тираж 9 экз.

Издательство Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.