

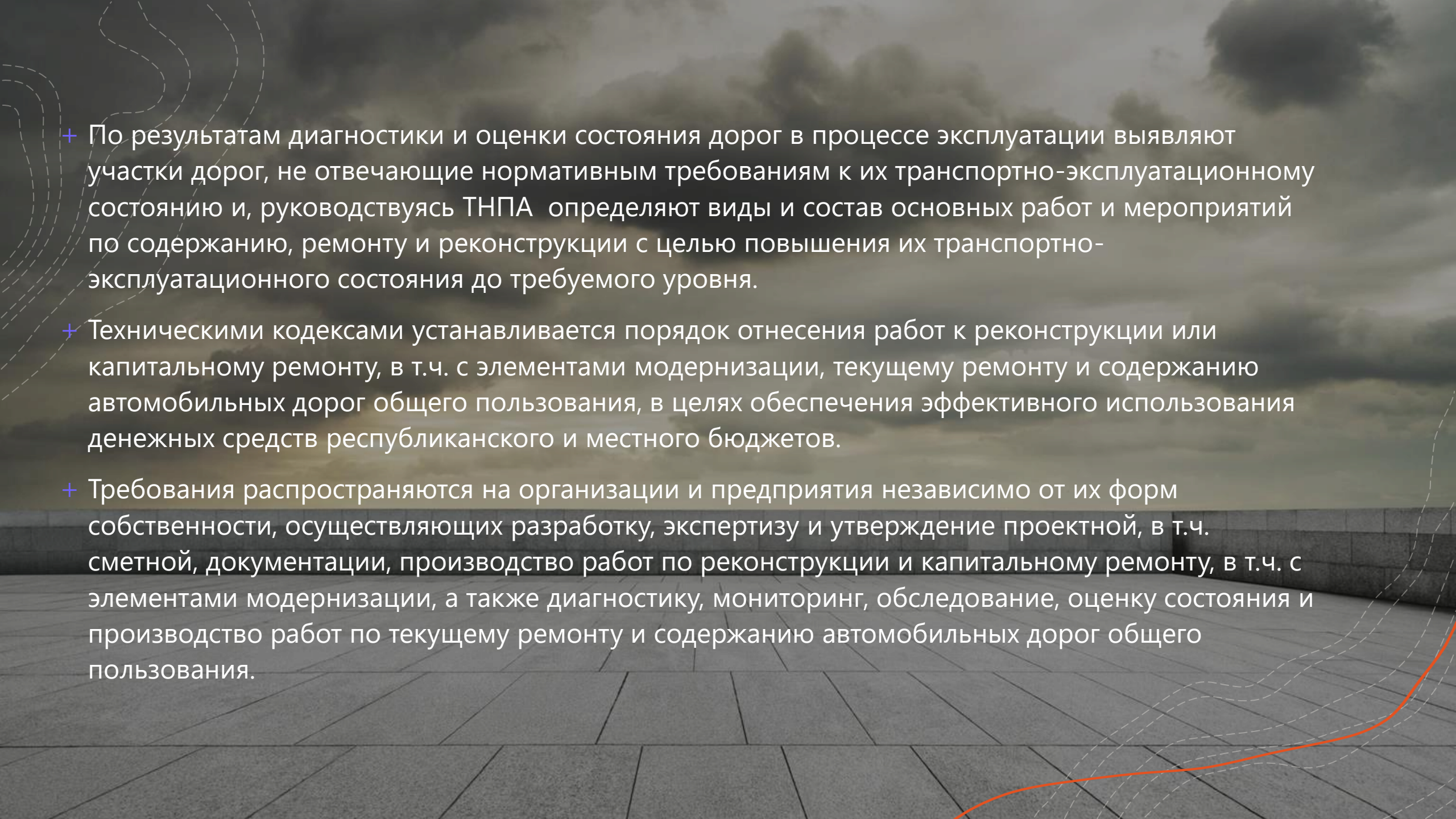
РАЗДЕЛ II. Проектирование ремонтных мероприятий и реконструкции с помощью программного комплекса CREDO

Тема 2.1 Особенности инженерно-геодезических изысканий

Ежегодно дорожно-эксплуатационными службами выполняется большой объем работ по содержанию и ремонту автомобильных дорог.

- + С годами объемы разрушений и остаточных деформаций в дорожных конструкциях нарастают, и как следствие, ухудшаются потребительские свойства автомобильных дорог. Возникает необходимость значительного улучшения геометрических параметров дороги, прочностных и других характеристик дорожной одежды, искусственных сооружений, инженерного оборудования и обустройства, т.е. перестройки дороги или ее реконструкции.



- 
- + По результатам диагностики и оценки состояния дорог в процессе эксплуатации выявляют участки дорог, не отвечающие нормативным требованиям к их транспортно-эксплуатационному состоянию и, руководствуясь ТНПА определяют виды и состав основных работ и мероприятий по содержанию, ремонту и реконструкции с целью повышения их транспортно-эксплуатационного состояния до требуемого уровня.
 - + Техническими кодексами устанавливается порядок отнесения работ к реконструкции или капитальному ремонту, в т.ч. с элементами модернизации, текущему ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования, в целях обеспечения эффективного использования денежных средств республиканского и местного бюджетов.
 - + Требования распространяются на организации и предприятия независимо от их форм собственности, осуществляющих разработку, экспертизу и утверждение проектной, в т.ч. сметной, документации, производство работ по реконструкции и капитальному ремонту, в т.ч. с элементами модернизации, а также диагностику, мониторинг, обследование, оценку состояния и производство работ по текущему ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования.



Текущий ремонт

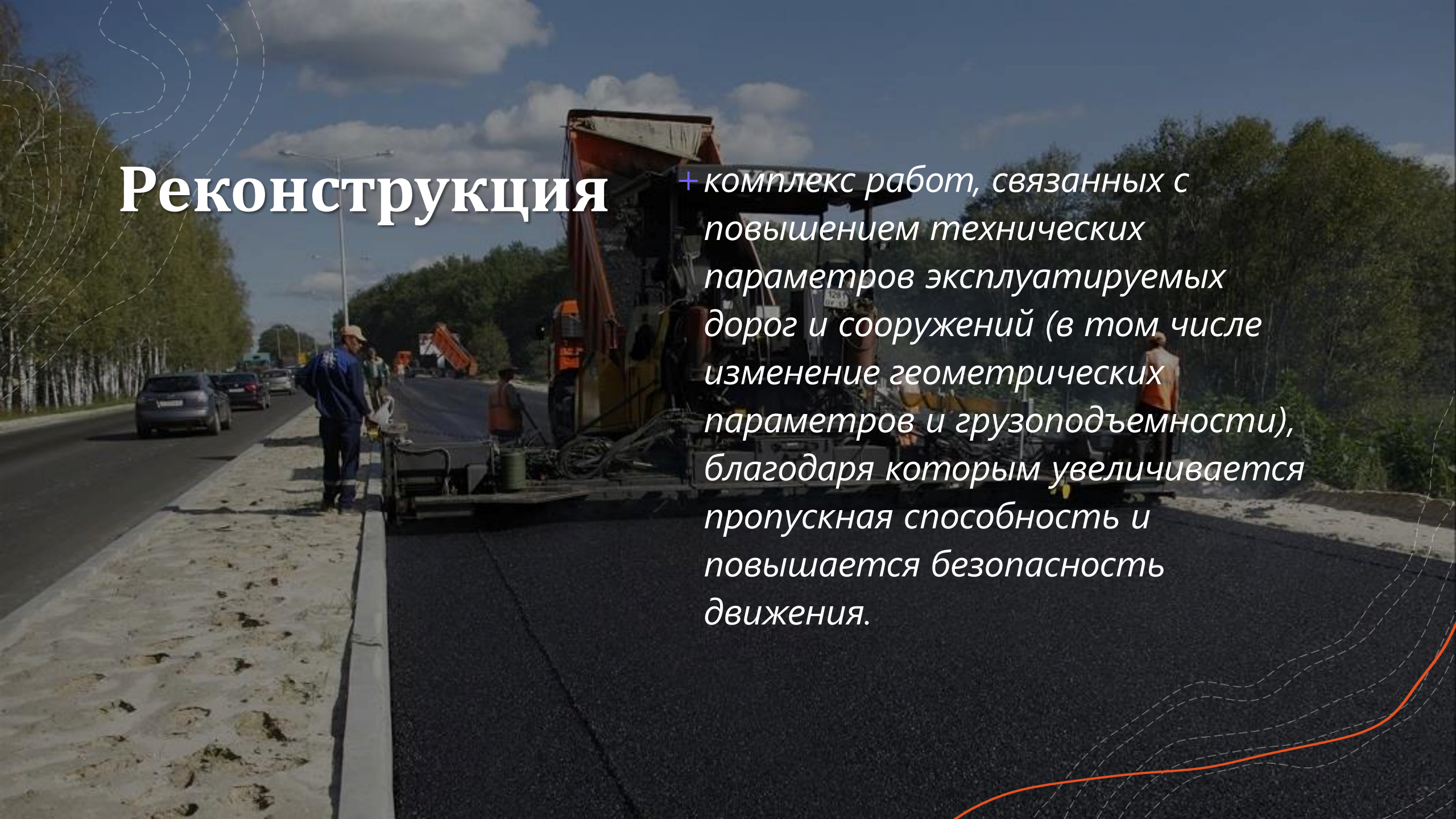
+ восстановление транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги до нормативных требований в период до очередного ремонта

Капитальный ремонт

+ полное восстановление конструктивных элементов автомобильной дороги, дорожных сооружений и (или) их частей и доведение их установленных допустимых значений и технических характеристик категории.

Реконструкция

+ комплекс работ, связанных с повышением технических параметров эксплуатируемых дорог и сооружений (в том числе изменение геометрических параметров и грузоподъемности), благодаря которым увеличивается пропускная способность и повышается безопасность движения.





ПРОЕКТИРОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНОГО ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНОГО ВЫРАВНИВАНИЯ

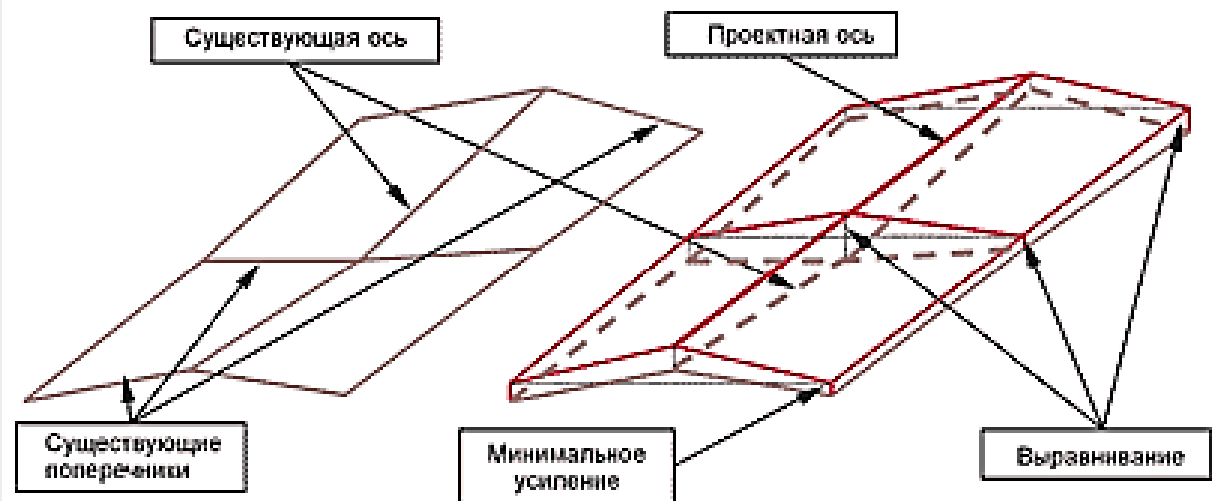
Повышение технического уровня существующих дорог входит в число приоритетных направлений развития дорожной отрасли. Одна из наиболее трудоемких и важных задач в проектах ремонта и реконструкции — это проектирование проезжей части, включающее не только усиление дорожной одежды, но и выравнивание ее поверхности.

При этом выделяются две основные и взаимосвязанные задачи: проектирование продольного и поперечного выравнивания, которые принципиально отличаются от традиционного проектирования поперечного и продольного профиля дороги.

- **Поперечное выравнивание** — это проектирование минимального выравнивающего слоя, обеспечивающего проектные геометрические формы поперечного профиля и ликвидирующего его деформации, вызванные недостатками строительства и ремонта в процессе эксплуатации.
- **Продольное выравнивание** — это проектирование продольного профиля в соответствии с нормативами данной категории дороги, при котором ликвидируются неровности в виде продольных волн на существующем покрытии.

- При автоматической накладке проектного поперечного профиля (с учетом усиления дорожной одежды) на существующие поперечные профили определяются начальные проектные отметки по оси и рабочие отметки (толщина слоя) для выравнивания покрытия.
- Эти проектные и рабочие отметки служат исходными данными для оптимизации проектной линии профиля и конструирования многослойного выравнивания.

Проектирование объемного пространственного выравнивания проезжей части в CREDO начинают с расчета усиления дорожной одежды и формирования данных для поперечного выравнивания, а затем переходят к исправлению профиля





Наиболее трудная задача выравнивания проезжей части — это продольное выравнивание с рациональным конструированием проектной линии профиля.

Очень часто, стремясь уменьшить затраты на ремонт дорожной одежды, продольный профиль проектируют прямыми линиями с мелким шагом. При таких решениях, улучшая прочность дорожной одежды, нередко существенно ухудшают транспортно-эксплуатационные качества отремонтированной дороги, поскольку таким способом практически невозможно достичь нужной плавности проектной линии, а значит обеспечить безопасность движения и проезд автомобиля с расчетной скоростью, а также снять ограничения видимости в продольном профиле.

Нормативы проектирования

- Формально соблюдая нормируемую СН 3.03.04 -2019 алгебраическую разность уклонов на переломах проектной линии и не вписывая в них вертикальные кривые, проектировщик не контролирует ни величину радиусов, ни длину вертикальных кривых, тем самым порой нарушая требования ТНПА к наименьшим радиусам и длинам кривых. Стараясь сократить объемы работ и контролируя только разности уклонов, проектировщик объективно нарушает требования по величине радиусов. В то же время нормативы по радиусам требуют малых разностей уклонов, что приводит к большим рабочим отметкам и существенному росту объемов на выравнивание профиля. Таким образом, проектирование отрезками приводит к существенным и зачастую непреодолимым трудностям и практически неприемлемым проектным решениям.
- Проектирование профиля прямолинейными отрезками можно рекомендовать для участков с явным прямолинейным очертанием профиля. Но при исправлении профиля с существенной волнистостью, вызванной просадками земляного полотна, некачественными ремонтами и т.п., такой метод дает неудовлетворительные результаты.



Для обеспечения плавности проектной линии в полном соответствии ТНПА и рационального конструирования выравнивания с минимальным расходом материалов следует использовать ***новые цифровые технологии проектирования***

Предлагаемая методика проектирования профиля, использующая возможности комплекса CREDO, позволяет решить указанные проблемы и повысить качество капитальных ремонтов за счет:

- проектирования плавной линии профиля с полным соблюдением нормативных требований к параметрам ее элементов, что обеспечивается использованием сплайнов;
- минимизации объемов работ при выравнивании проезжей части, что достигается последовательной оптимизацией сплайновой проектной линии продольного профиля.

При капитальном
ремонте
выравнивание
обеспечивается
разными
вариантами
конструкции.

Самым трудным для проектировщика является вариант, при котором срезка дорожной одежды и ее фрезерование невозможны из-за отсутствия дорогостоящей дорожно-строительной техники, энергии, материалов. Мы остановимся подробно на главных положениях методики автоматизированного проектирования в CREDO этого самого сложного варианта.

Из известных трех методов проектирования продольного профиля в CREDO для существенного улучшения ровности и транспортно-эксплуатационных характеристик дороги при капитальном ремонте рекомендуется метод проектирования в **режиме оптимизации**. Этот метод обеспечивает нормативные требования к элементам проектной линии при рациональном расходе материалов на объемное выравнивание проезжей части.

Дорогу большой длины следует разделить на отдельные участки по степени сложности продольного профиля — по радиусам вертикальных кривых, по волнистости, по величине усиления.

Такое разделение позволит существенно уменьшить объемы выравнивания и волнистость профиля за счет дифференцированных значений предельных параметров проектной линии на отдельных участках:

- минимально допустимых радиусов выпуклых и вогнутых вертикальных кривых;
- максимально допустимых уклонов;
- длин вертикальных кривых.

В процессе оптимизации проектировщик контролирует параметры опорных точек: отметки, уклон проектной линии в точке, код точки, определяющий возможное положение проектной линии (не выше, не ниже, точно через точку, через точку с указанным уклоном и т.п.).

Алгоритм автоматизированного проектирования в режиме оптимизации в CREDO основан на идеях динамического программирования.

В алгоритме выделены следующие последовательные этапы конструирования проектной линии профиля:

- формирование множества вариантов прохождения проектной линии через узлы сплайна;
- ограничение множества теми вариантами, в которых соблюдаются требования по предельным параметрам элементов профиля, отметкам опорных точек и способам приближения к линии на уровне руководящей высоты насыпи или глубины выемки;
- направленный поиск того варианта, в котором минимизирован объем работ при наилучших параметрах элементов проектной линии.



Это изображение, автор: Неизвестный автор, лицензия: CC BY-SA

Методика проектирования профиля в CREDO включает как автоматические (оптимизация проектной линии), так и автоматизированные (с ведущим участием инженера) процедуры. Поэтому проектировщик должен приближаться к идеалу проектного решения итерационно, начиная с минимального набора ограничений, особенно в виде контрольных точек.



- Следует с пониманием относиться к срезке существующего покрытия в пределах десяти, даже двадцати, миллиметров, запроектированной программой. Срезы с отметкой 10 мм допустимы по следующим причинам:
 - при съемке погрешности в 10 мм вполне объяснимы (наплывы покрытия, мелкие раковины, небольшие выбоины и т.п.);
 - фактическая поверхность даже выровненной проезжей части при крупнозернистой поверхностной обработке отличается от геометрически гладкой поверхности на 10 и даже на 20 мм;
 - допустимая погрешность выноса в натуру проектных отметок равна 10 мм.

Улучшая плавность проектной линии

Программа лучше справляется с поставленной задачей в случае, когда расстояния между узлами проектной линии соизмеримы. Это объясняется тем, что автоматический поиск оптимального решения связан с перебором высот и уклонов в узлах проектной линии профиля. Поскольку смежные кривые с несоизмеримо разными длинами имеют общий уклон в месте их стыковки, изменение уклона в 0,00001% гораздо сильнее влияет на изменение кривизны кривой длиной 5 м, чем кривой длиной 150 м. Поэтому рациональной расстановкой опорных точек (узлов сплайнов) обеспечивается хорошее приближение к линии на уровне руководящих отметок.

Оптимизация проектных решений

- Для улучшения начального решения проектной линии также следует поэтапно, по участкам, увеличивать предельные радиусы и длины, а максимальный уклон несколько уменьшать. Уменьшение объемов выравнивания достигается снижением диапазона варьирования отметками при оптимизации и назначением дополнительных опорных точек с приемлемыми отметками, исключая срезку.
- На заключительном этапе улучшения проектной линии убирают остаточную срезку и, задавая параметры опорных точек, стараются максимально приблизить проектные рабочие отметки к руководящим, вычисленным на этапе поперечного выравнивания.
- При помощи описанных приемов последовательно улучшают основные характеристики проектной линии: ликвидируют излишнюю волнистость, повышают безопасность движения за счет улучшения параметров вертикальных кривых и т.п.
- При этом разрешается традиционное для техники противоречие — увеличение ресурсов для улучшения качества, поскольку именно средствами CREDO одновременно с улучшением проектной линии профиля обеспечивается существенное снижение объемов работ по выравниванию.

Методы проектирования

Многослойное выравнивание в системе CREDO ДОРОГИ проектируют одним из двух методов:

- последовательного понижения проектной поверхности;
- использованием данных картограммы выравнивания.

Поскольку формы существующего поперечного профиля меняются по всей длине дороги, на каждом поперечном разрезе толщины выравнивающих слоев будут различные. Поэтому очень важно не только рассчитать объемы каждого слоя, но и найти границы укладки выравнивающего слоя, выполненного из того или иного материала.

В первом методе проектная поверхность поперечного профиля, полученная после экспорта данных, последовательно понижается на толщину каждого из выравнивающих слоев. Пересечение проектной и существующей поверхностей при каждом понижении дает в плане структурную линию, которая и будет границей укладки выравнивающего слоя.

Во втором методе используется картограмма выравнивания поверхности, построенной на основе общей картограммы, отсчет рабочих отметок выравнивания идет от условной горизонтальной плоскости с отметками 0,00. Для определения границ укладки каждого выравнивающего слоя используется метод нахождения пересечения поверхностей. Определив эти границы, нетрудно проставить размеры, необходимые для производства работ.

Таким образом, средствами CREDO обеспечивается проектирование многослойного объемного выравнивания для сложных и наиболее частых случаев капитального ремонта дорог всех технических категорий и улиц населенных пунктов.

- Погрешность в объемах вполне приемлема (близка к 1%) и объясняется погрешностями замены истинных криволинейных поверхностей плоскостями. Точность можно улучшить, оперируя криволинейными горизонталями и более сгущенными моделями существующей и проектной поверхностей дорожного покрытия.

