



IndorPavement

Система расчёта дорожных одежд.
Руководство пользователя



ООО «ИндорСофт. Инженерные сети и дороги»

К. А. Перова, А. В. Скворцов, Е. Е. Рукавишникова

Система расчёта дорожных одежд IndorPavement

Руководство пользователя

Издательство Томского университета
2010

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2
П26

Перова К. А., Скворцов А. В., Рукавишникова Е. Е.

П26 Система расчёта дорожных одежд IndorPavement: Руководство пользователя. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009. – 218 с.

ISBN 978-5-7511-1924-9

Настоящая книга является руководством по использованию системы расчёта конструкций дорожных одежд IndorPavement. Она содержит описание назначения системы, подробное описание пользовательского интерфейса и инструментальных средств, используемых для создания конструкций и расчёта дорожных одежд. Особое внимание уделено созданию вариантов конструкций дорожных одежд с использованием справочника типовых строительных решений, а также работе с расширяемой библиотекой материалов. Помимо этого, рассматривается экспорт чертежа конструкции дорожной одежды в системы IntelliCAD, AutoCAD, MicroStation и IndorDraw, экспорт отчёта по расчёту конструкции дорожной одежды в Microsoft Word, OpenOffice Writer и печать отчётной документации.

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-018.2

© К. А. Перова, А. В. Скворцов, Е. Е. Рукавишникова, 2010
© ООО «ИндорСофт. Инженерные сети и дороги», 2010
© Е. Е. Рукавишникова, оформление 2010
© Д. С. Сарычев, обложка 2010

ISBN 978-5-7511-1924-9

Оглавление

Введение	9
Возможности системы IndorPavement.....	10
Структура руководства	12
Глава 1. Начало работы	13
Системные требования	14
Установка системы	14
Установка системы IndorPavement.....	16
Создаваемые структуры данных	20
Содержимое установочного диска	21
Обновление версии системы.....	21
Защита от несанкционированного копирования.....	23
Два способа подключения к ключу HASP: локальное и сетевое	23
Файл лицензий	23
Настройка соединения с локальным ключом HASP	24
Установка сетевого ключа HASP. Настройка соединения с сетевым ключом на рабочих местах	26
Запуск системы	27
Если система запускается в демонстрационном режиме	28
Возможность тестового использования системы IndorPavement в демонстрационном режиме	29
Демонстрационный режим.....	29
Полнофункциональный режим	30
Служба технической поддержки	31
Вопросы по работе с системой.....	31
Обнаруженные ошибки в работе системы	32
Предложения и пожелания	33
Основные понятия	33
Обзор главного окна системы	35
Использование инспектора объектов.....	36

Ввод числовых значений	39
Работа с проектами.....	40
Создание пустого проекта.....	40
Создание проекта из альбома решений	40
Открытие проекта	40
Открытие проектов, которые открывались в предыдущие сеансы работы	41
Сохранение проекта	42
Отмена действий	43
Глава 2. Формирование конструкции дорожной одежды ...	45
Структура дорожной одежды.....	46
Работа с конструктивными слоями	48
Добавление конструктивного слоя	48
Редактирование параметров конструктивного слоя.....	49
Перемещение конструктивного слоя	55
Удаление конструктивного слоя	56
Работа с грунтом земляного полотна	56
Замена грунта земляного полотна	57
Редактирование параметров грунта земляного полотна	58
Работа с геосинтетическими материалами.....	60
Добавление геосинтетического материала	61
Редактирование параметров геосинтетического материала.....	62
Перемещение геосинтетического материала	63
Удаление геосинтетического материала	64
Глава 3. Расчёт нежёстких дорожных одежд	65
Визуальный анализ расчёта	66
Ввод исходных данных	70
Задание общих параметров.....	71
Задание параметров района проектирования	72
Задание расчётных параметров нагрузки	75
Задание расчётных параметров увлажнения грунта	78

Расчёт на упругий прогиб	79
Произведение расчёта	79
Результаты расчёта.....	80
Расчёт на сдвигоустойчивость.....	82
Произведение расчёта	82
Результаты расчёта.....	84
Расчёт на сопротивление при изгибе	86
Произведение расчёта	87
Результаты расчёта.....	88
Расчёт на статическую нагрузку	90
Произведение расчёта	91
Результаты расчёта.....	91
Расчёт на морозоустойчивость.....	93
Произведение расчёта	93
Результаты расчёта.....	97
Расчёт дренарующего слоя	100
Произведение расчёта	100
Дренарующий слой, работающий по принципу осушения	102
Дренарующий слой, работающий по принципу поглощения	103
Дренарующий слой, работающий по принципу осушения с периодом запаздывания отвода воды	104
Конструкция с прикромочным дренажем	105
Результаты расчёта.....	105
Расчёт с учётом геосинтетических защитно-армирующих материалов.....	108
Корректировка расчёта на упругий прогиб	108
Корректировка расчёта на сдвигоустойчивость в грунте	110
Корректировка расчёта на сопротивление при изгибе	111
Расчёт с учётом геосинтетических защитно-дренирующих материалов.....	112
Глава 4. Расчёт жёстких дорожных одежд.....	113
Визуальный анализ расчёта	114

Расчёт сопротивления при изгибе цементобетонного покрытия.....	121
Произведение расчёта	122
Результаты расчёта по первой схеме.....	125
Результаты расчёта по второй схеме	129
Расчёт сопротивления при изгибе цементобетонного основания и монолитных слоёв покрытия.....	130
Произведение расчёта	130
Результаты расчёта толщины монолитного покрытия	132
Результаты расчёта прочности цементобетонного основания	134
Определение расчётных характеристик сборных покрытий из плит	138
Произведение расчёта	139
Результаты расчёта.....	140
Расчёт сдвигоустойчивости основания	144
Произведение расчёта	144
Результаты расчёта.....	145
Расчёт на морозоустойчивость	148
Глава 5. Техничко-экономический анализ результатов	149
Работа с несколькими вариантами конструкций.....	150
Активный вариант	150
Слои варианта	151
Параметры варианта.....	152
Создание варианта.....	153
Операции с вариантом.....	154
Мастер создания конструкций	155
Обзор окна мастера создания конструкций.....	155
Ввод исходных данных.....	156
Формирование конструкций	157
Добавление конструкций в проект.....	158
Оптимизация конструкции дорожной одежды.....	158
Настройка параметров поиска вариантов	159
Обзор окна просмотра допустимых вариантов	160
Сортировка вариантов	163

Добавление вариантов в проект.....	164
Глава 6. Работа с библиотекой материалов	165
Обзор окна библиотеки материалов	166
Работа с группами материалов	167
Создание группы.....	168
Операции с группой	168
Работа с материалами	169
Создание материала	170
Операции с материалом	170
Сохранение материалов в библиотеке.....	171
Редактирование параметров материалов	171
Иерархия представления материалов.....	171
Общий материал.....	172
Монолитный материал	175
Асфальтобетон	177
Слабосвязный материал.....	179
Дополнительный слой основания	182
Грунт	183
Песок.....	184
Монолитный цементобетон	185
Бетонные плиты для сборных покрытий.....	186
Глава 7. Формирование отчётной документации	187
Формирование чертежа	188
Настройка отображения слоёв на чертеже.....	189
Оформление конструктивных слоёв и слоя земляного полотна	190
Оформление геосинтетических материалов.....	191
Экспорт чертежа	193
В IndorDraw.....	193
В AutoCAD	194
В файл изображения	194
В другие системы.....	196
Печать чертежа	197
Формирование отчёта.....	198

Экспорт отчёта.....	199
Приложения.....	201
Приложение А. Перечень команд главного меню.....	202
Меню «Файл»	202
Меню «Проект»	204
Меню «Вариант»	206
Меню «Слой»	206
Меню «Справка»	207
Приложение Б. Список «горячих» клавиш.....	208
Вызов справки.....	208
Доступ к меню	208
Создание, открытие и сохранение проектов	209
Отмена действий	210
Диалоговые окна и инспектор объектов	210
Печать и экспорт отчётной документации	210
Предметный указатель	211
Литература	216

Введение

Во введении:

Возможности системы IndorPavement

Структура руководства

Введение

Настоящая книга является руководством по использованию системы расчёта конструкций дорожных одежд IndorPavement. Она содержит описание назначения системы, подробное описание пользовательского интерфейса и инструментальных средств, используемых для создания конструкций и расчёта дорожных одежд. Особое внимание уделено созданию вариантов конструкций дорожных одежд с использованием справочника типовых строительных решений, а также работе с расширяемой библиотекой материалов. Помимо этого, рассматривается экспорт чертежа конструкции дорожной одежды в системы IntelliCAD, AutoCAD, MicroStation и IndorDraw, экспорт отчёта по расчёту конструкции дорожной одежды в Microsoft Word, OpenOffice Writer и печать отчётной документации.

Возможности системы IndorPavement

Система расчёта дорожных одежд IndorPavement предназначена для автоматизированного конструирования и расчёта жёстких и нежёстких дорожных одежд автомобильных дорог общего пользования, городских улиц и дорог. Система позволяет производить расчёты дорожных одежд для нового строительства.

Основные функции системы расчёта дорожных одежд IndorPavement:

- Расчёт конструкций дорожных одежд в соответствии с ОДН 218.046–01 «Проектирование нежёстких дорожных одежд».
- Расчёт конструкций дорожных одежд в соответствии с «Методическими рекомендациями по проектированию жёстких дорожных одежд».
- Расчёт укрепительной, остановочной полос и обочин в соответствии с ОДН 218.3.039–2003 «Укрепление обочин автомобильных дорог».
- Расчёт конструкций дорожных одежд с учётом геосинтетических материалов в соответствии с ОДМД «Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог».
- Разработка вариантов конструкций дорожных одежд с использованием справочников типовых строительных конструкций «Серия 3.503–71/88. Дорожные одежды автомобильных дорог общего пользования» и «Серия 3.503.1–91. Дорожные одежды с покрытиями из сборных железобетонных плит для автомобильных дорог в сложных условиях».

- Оптимизация вариантов конструкций дорожной одежды по толщинам слоёв.
- Формирование отчётной документации в виде чертежа и текстового отчёта по расчёту конструкции дорожной одежды.

В систему IndorPavement входит альбом типовых конструкций дорожной одежды в соответствии со справочником типовых строительных конструкций «Серия 3.503–71/88. Дорожные одежды автомобильных дорог общего пользования». Достаточно ввести набор таких параметров, как техническая категория дороги, тип дорожной одежды, тип грунта земляного полотна, дорожно-климатическая зона, схема увлажнения, расчётное число автомобилей, и система предложит несколько подходящих вариантов конструкций. Следует отметить, что система IndorPavement позволяет работать одновременно с несколькими вариантами конструкций дорожной одежды, что даёт возможность наглядно сравнивать их по расчётным критериям.

Поставляемая с системой библиотека базовых материалов содержит все материалы, представленные в ОДН 218.046–01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» и в справочниках типовых строительных конструкций «Серия 3.503–71/88. Дорожные одежды автомобильных дорог общего пользования» и «Серия 3.503.1–91. Дорожные одежды с покрытиями из сборных железобетонных плит для автомобильных дорог в сложных условиях». Библиотеку можно дополнить новыми материалами или редактировать в ней уже существующие.

В программе реализованы расчёты на прочность по таким критериям, как упругий прогиб, сдвигоустойчивость подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоёв, сопротивление монолитных слоёв усталостному разрушению на растяжение при изгибе, а также проверка морозоустойчивости конструкции и расчёт дренажного слоя.

Система IndorPavement позволяет оптимизировать конструкцию дорожной одежды путём перебора толщин конструктивных слоёв в заданном диапазоне. Далее можно упорядочить варианты конструкций по стоимости, толщине слоёв, величине прогиба или изгиба, а наиболее перспективные варианты добавить в проект для дальнейшего проектирования.

Отчётная информация представлена в виде чертежей, таблиц и текстового описания расчёта. Чертежи предлагаются в нескольких вариантах оформления, что даёт пользователю возможность выбора наиболее подходящего. В дальнейшем сформированные чертежи могут быть экспортированы и доработаны в системе IndorDraw. Также чертёж можно экспортировать в системы IntelliCAD, AutoCAD, MicroStation, в обменный файл DWG/DXF или распечатать. Текстовые отчёты содержат более подробную информацию о расчёте конструкции дорожной одежды. Отчёт можно экспортиро-

вать в системы Microsoft Word и OpenOffice Writer или сохранить в текстовый файл с расширением *.txt или *.rtf.

Структура руководства

В главе 1 даётся обзор главного окна системы IndorPavement, описываются принципы работы с инспектором объектов, рассматриваются базовые сведения, необходимые для начала работы с системой: процедура установки системы на рабочие места, системные требования, подключение к аппаратному ключу HASP, а также варианты обращения в службу технической поддержки. Здесь же объясняются такие базовые понятия, как конструктивный слой, основание, покрытие и др.

В главе 2 рассматривается процесс формирования конструкции дорожной одежды: добавление конструктивных слоёв и геосинтетических прослоек, выбор грунта земляного полотна, а также редактирование параметров слоёв.

Глава 3 содержит перечень параметров, используемых в качестве исходных данных проекта, описание алгоритмов расчёта конструкций дорожных одежд нежёсткого типа по различным критериям и получаемых расчётных параметров, а также методику визуального анализа результатов расчётов.

Глава 4 описывает основные алгоритмы расчёта конструкций дорожных одежд жёсткого типа и расчётные параметры, а также методику визуального анализа результатов расчётов.

Глава 5 рассматривает принцип работы с несколькими вариантами конструкций дорожной одежды, методику создания конструкций с помощью мастера в соответствии с альбомом типовых решений. Кроме этого, рассматривается технология оптимизации конструкции дорожной одежды по толщинам слоёв.

Глава 6 посвящена встроенной библиотеке материалов и работе с ней. Описывается работа с материалами и группами материалов библиотеки, а также перечень параметров материалов различных типов и их классификация.

Глава 7 рассматривает вопросы печати и экспорта отчётной документации, а также оформления слоёв конструкции дорожной одежды в чертеже.

В приложениях дан перечень всех команд главного меню с кратким описанием назначения каждой команды и ссылкой на подробное описание функции в Руководстве, приведён список «горячих» клавиш, которые можно использовать в системе с целью повышения эффективности работы.

Глава

1

Начало работы

В этой главе:

Установка системы

Запуск системы

Основные понятия

Обзор главного окна системы

Использование инспектора объектов

Работа с проектами

Отмена действий

Начало работы

Системные требования

Система IndorPavement предназначена для использования на IBM/PC-совместимых персональных компьютерах, работающих под управлением операционной системы Windows 2000/XP/Vista.

Минимальная конфигурация компьютера для установки и работы в системе IndorPavement следующая:

- процессор Pentium II 400;
- оперативная память 128 Мб;
- видеокарта с поддержкой разрешения 1024×768 пикселей, 16-битовым цветом, видеопамятью 4 Мб;
- 100 Мб на жёстком диске;
- монитор 15 дюймов (1024×768 пикселей).

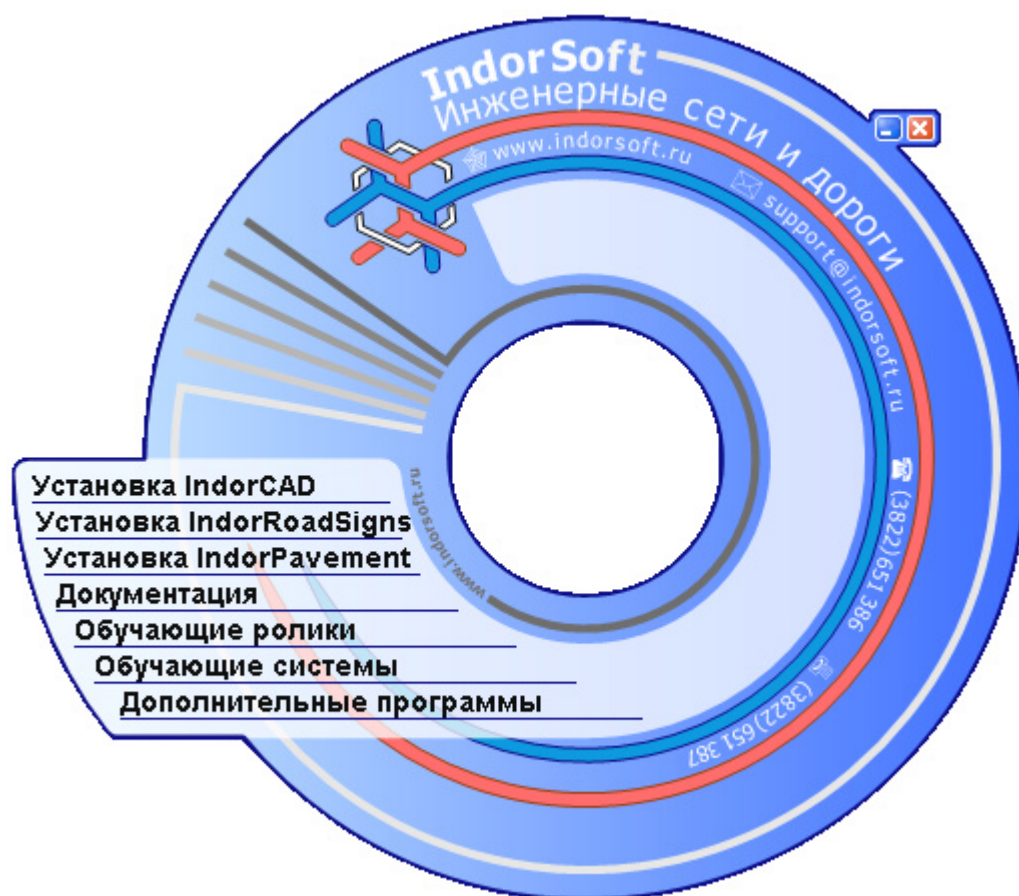
Установка системы

Комплект поставки системы IndorPavement содержит компакт-диск с дистрибутивом системы расчёта конструкции дорожной одежды IndorPavement (включающий систему подготовки чертежей IndorDraw). Компакт-диск содержит документацию, обучающую систему, примеры проектов, дистрибутивы драйвера аппаратного ключа HASP, а также программу Менеджер лицензий.

При запуске установочного диска появляется список, в котором можно выбрать выполняемое действие:

- **Установка IndorPavement** – при выборе этого пункта начинается установка системы расчёта дорожных одежд IndorPavement 7.0 и системы подготовки чертежей IndorDraw 7.0.

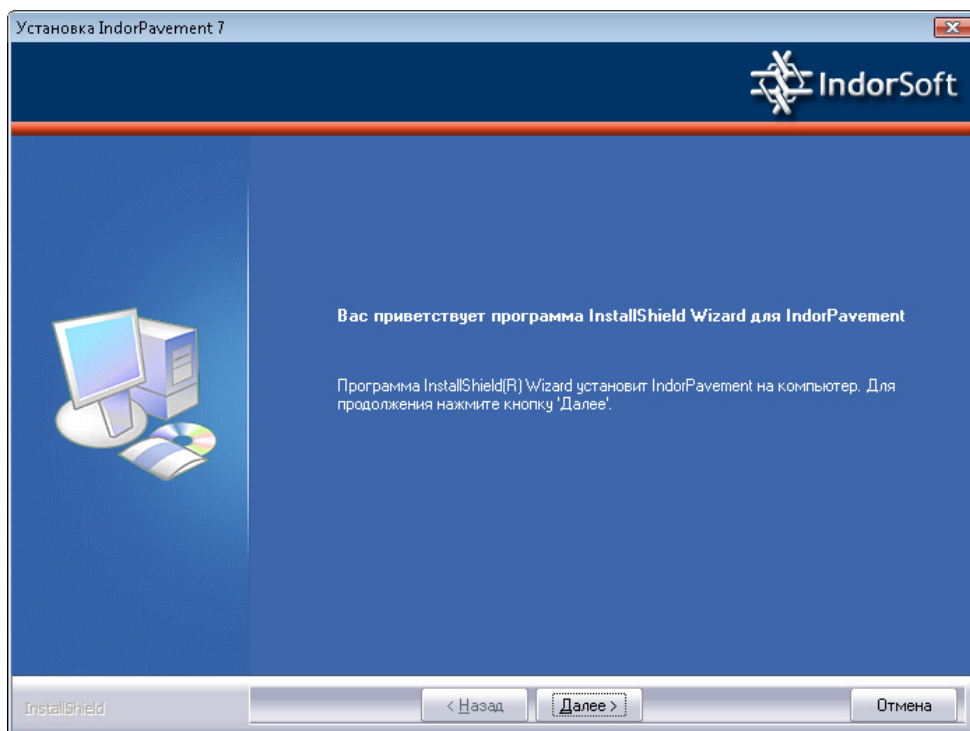
- **Документация** – этот пункт открывает в проводнике Windows папку установочного диска, содержащую документацию в формате PDF по системам IndorPavement, IndorDraw и др.
- **Обучающие ролики** – при выборе этого пункта в проводнике Windows открывается папка установочного диска, содержащая видеоролики, которые позволят познакомиться с особенностями использования тех или иных функций системы.
- **Обучающие системы** – этот пункт открывает в проводнике Windows папку установочного диска, содержащую обучающие системы IndorPavement и IndorCAD. Пройдя курс обучения, Вы будете иметь наиболее полное представление о возможностях системы и способах работы с ней.
- **Дополнительные программы** – при выборе этого пункта в проводнике Windows открывается папка установочного диска, содержащая драйвер аппаратного ключа HASP, дистрибутив проигрывателя FlashPlayer для просмотра обучающих роликов, видеороликов обучающей системы и дистрибутив программы Adobe Reader для просмотра файлов в формате PDF.



Запуск установочного диска

Установка системы IndorPavement

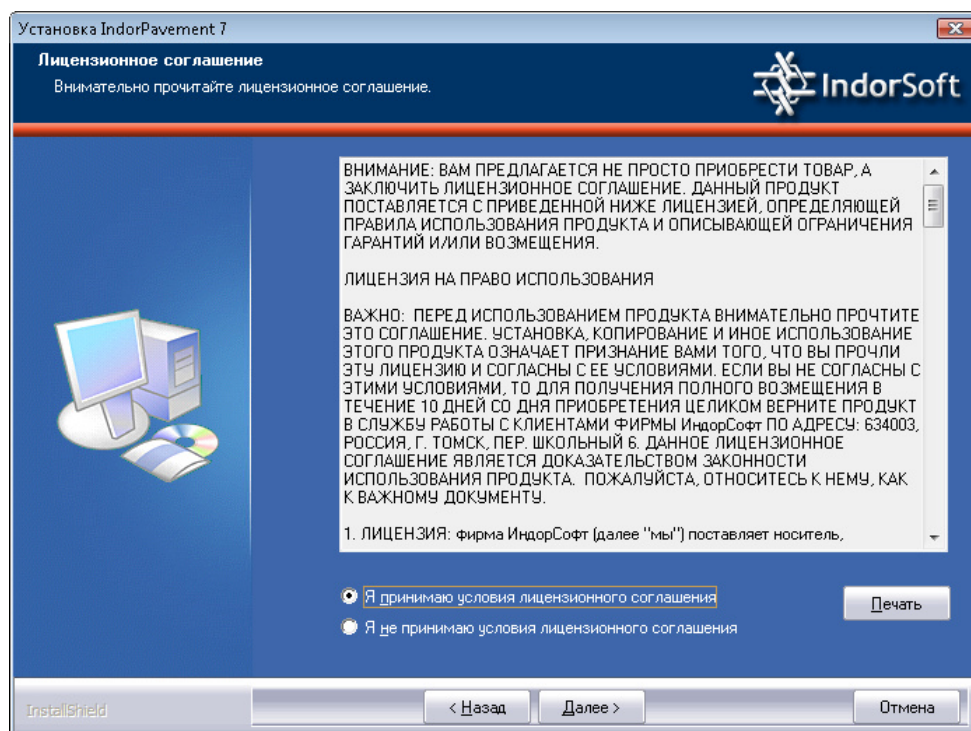
При выборе на установочном диске пункта **Установка** запускается мастер установки системы IndorPavement.



Начало установки

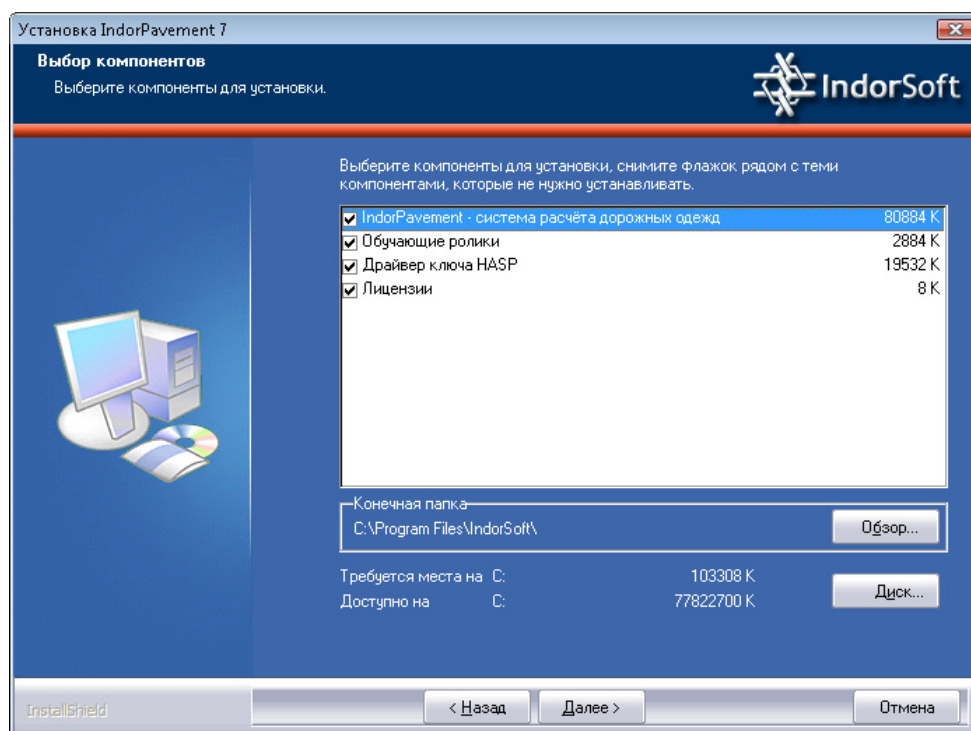
После начала установки и приветствия мастер предлагает ознакомиться с **лицензионным соглашением**. Для продолжения установки нужно принять условия соглашения, выбрав пункт **Я принимаю условия лицензионного соглашения** и нажав кнопку **Далее >**. Это будет означать, что Вы ознакомились с условиями соглашения, обязуетесь выполнять их и извещены о последствиях нарушения данного соглашения.

При необходимости лицензионное соглашение можно распечатать, нажав кнопку **Печать**.



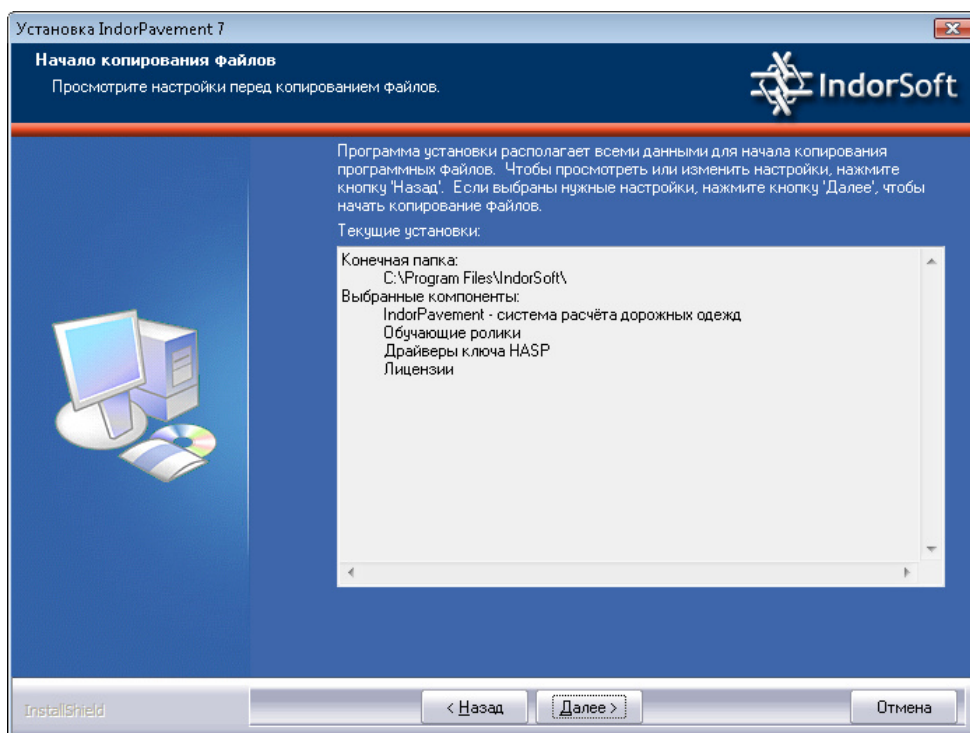
Лицензионное соглашение

Далее укажите компоненты системы, которые необходимо установить, а также в какую папку они будут установлены. По умолчанию они устанавливаются на системный том, в стандартную папку для программ, в подпапку **IndorSoft**.



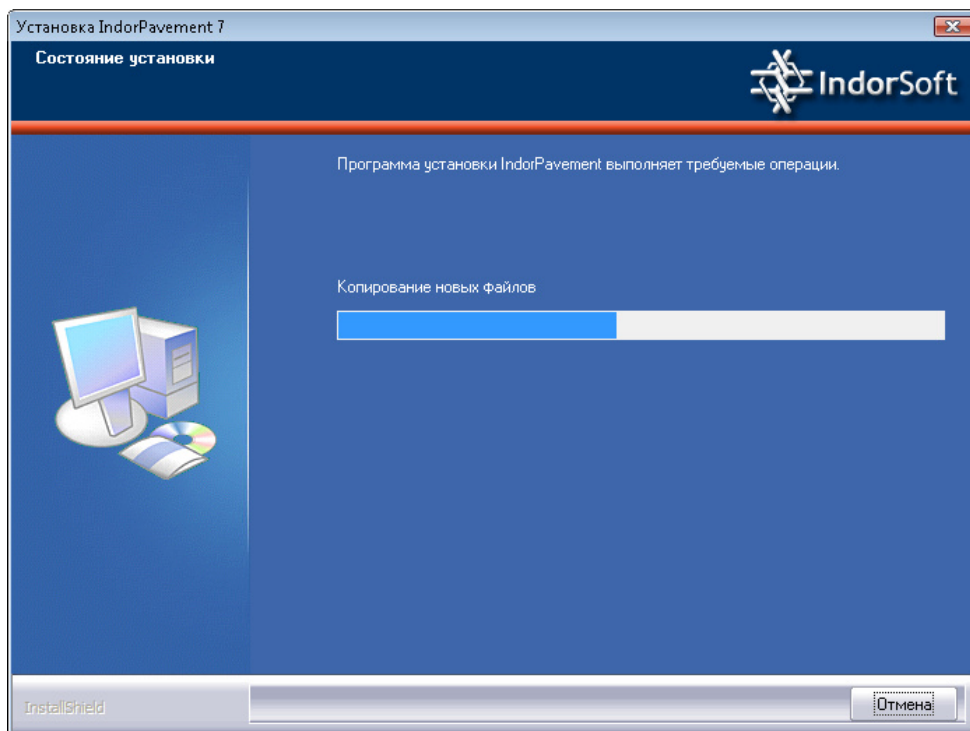
Выбор папки размещения файлов и устанавливаемых компонент системы

В следующем окне отображается путь до папки, в которую устанавливается система IndorPavement, и выбранные для установки компоненты системы.



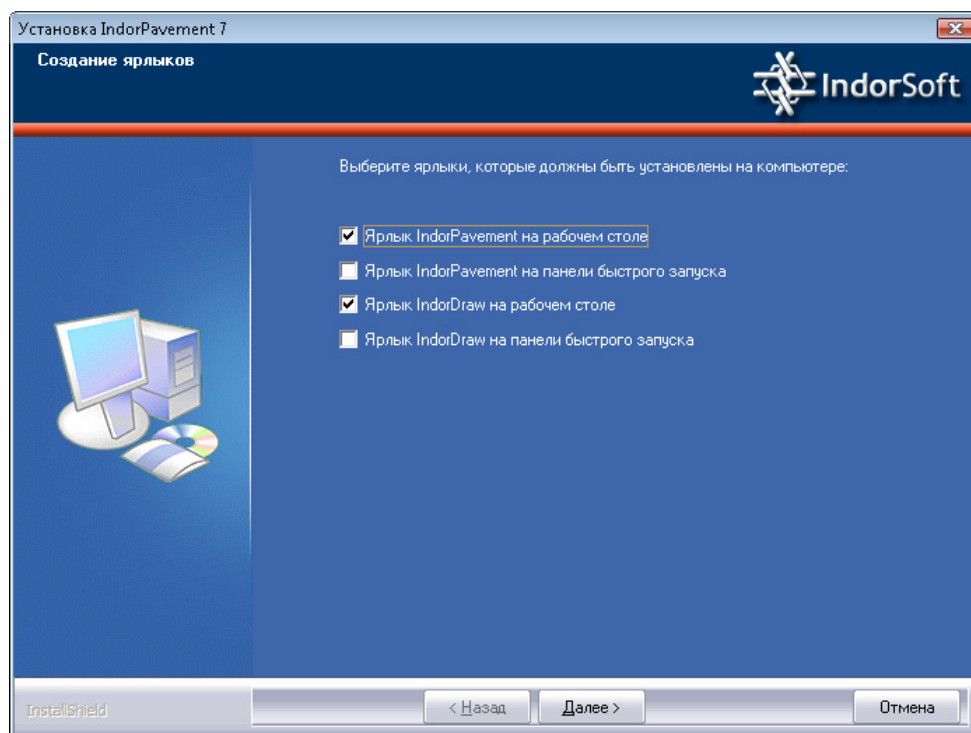
Просмотр настроек

Чтобы установить систему, нажмите кнопку **Далее >**.



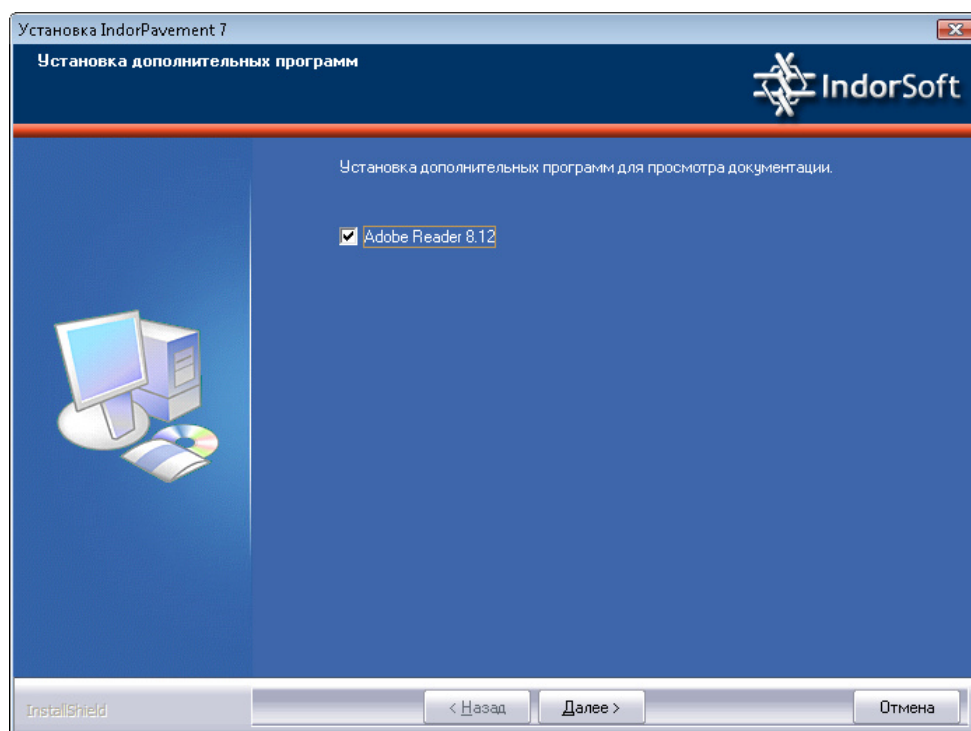
Процесс установки системы

После завершения установки необходимых компонент системы выберите ярлыки, которые нужно создать на рабочем столе и панели быстрого запуска, и нажмите кнопку **Далее >**.



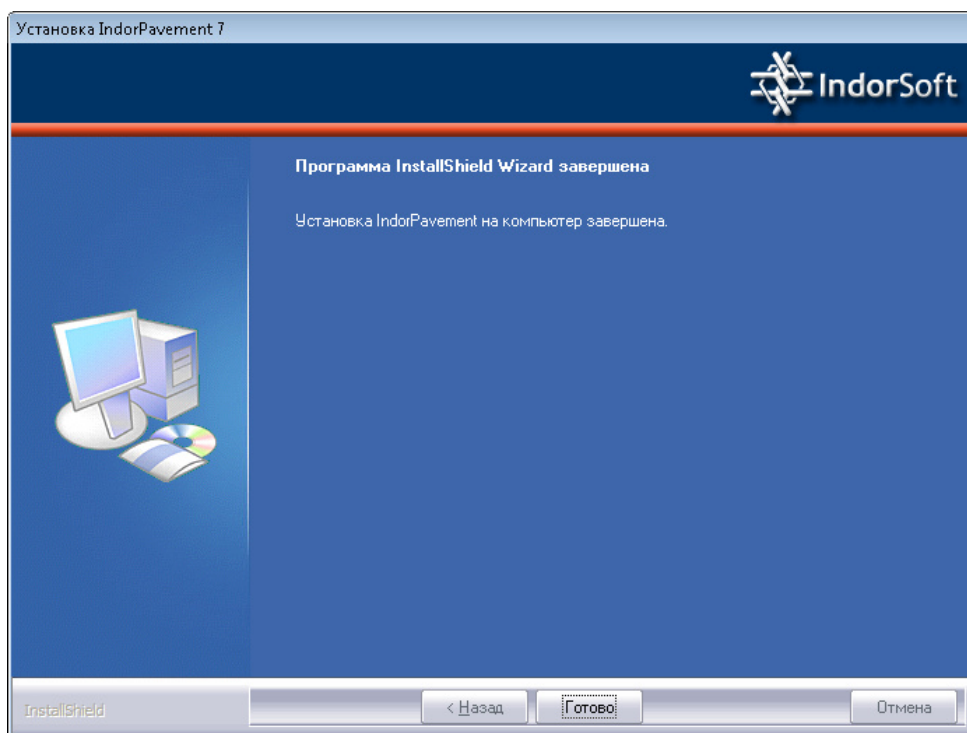
Создание ярлыков

Для продолжения установки нажмите кнопку **Далее >**. В следующем окне при необходимости можно выбрать для установки дополнительные программы.



Установка дополнительных программ

После успешного завершения установки системы и создания ярлыков выдаётся сообщение о завершении установки. Чтобы закрыть мастер установки, нажмите кнопку **Готово**.



Сообщение о завершении установки системы

Создаваемые структуры данных

В ходе установки системы в выбранной папке, например **C:\Program Files\IndorSoft**, создаётся следующая структура данных:

- **IndorPavement.** Эта папка содержит вложенную папку **7.0**, обозначающую номер версии системы, которая, в свою очередь, содержит следующие подпапки:
 - **Bin.** Здесь размещаются исполняемые файлы системы IndorPavement.
 - **Examples.** Папка с демонстрационными проектами системы IndorPavement, поставляемыми вместе с дистрибутивом.
 - **Teach.** В этой папке содержится обучающая система в формате CHM.
 - **Help.** Здесь размещена документация в формате PDF и CHM по системе IndorPavement.
- **IndorDraw.** Эта папка содержит вложенную папку **7.0**, обозначающую номер версии системы, которая, в свою очередь, содержит следующие подпапки:
 - **Bin.** В данной папке размещаются исполняемые файлы системы IndorDraw.

- **Demo.** Папка содержит обучающие ролики по системе.
- **Help.** Здесь размещена документация в формате PDF и CHM по системам IndorDraw и IndorDrawViewer.

Содержимое установочного диска

Установочный компакт-диск содержит дистрибутив системы расчёта дорожных одежд IndorPavement, включающий дистрибутив системы подготовки чертежей IndorDraw, документацию, обучающую систему, примеры проектов, дистрибутивы драйвера аппаратного ключа HASP и менеджера лицензий, а также другую полезную информацию. Данные объединены в папки:

- **IndorPavement.** Установочные файлы системы расчёта дорожных одежд IndorPavement.
- **Лицензии.** В данной папке хранятся файлы лицензий, необходимые для работы систем IndorPavement и IndorDraw в Вашей организации.
- **Документация.** Здесь расположена документация в форматах PDF и CHM по системам IndorPavement, IndorDraw и др.
- **Обучающие ролики.** В этой папке содержатся демонстрационные видеоролики, обучающие работе с системами.
- **Обучающие системы.** В данной папке объединены обучающие системы IndorPavement и IndorCAD.
- **Дополнительные программы.** В этой папке содержится дистрибутив программы Adobe Reader 8 для просмотра документации в формате PDF, драйвер электронного ключа HASP, дистрибутив программы Менеджер лицензий, которая необходима для работы с ключом HASP, HASP-монитор, позволяющий отследить ключи в сети и программы, подключенные к ним (в папке **HASP**), а также дистрибутив проигрывателя FlashPlayer для просмотра обучающих роликов (в папке **FlashPlayer**).

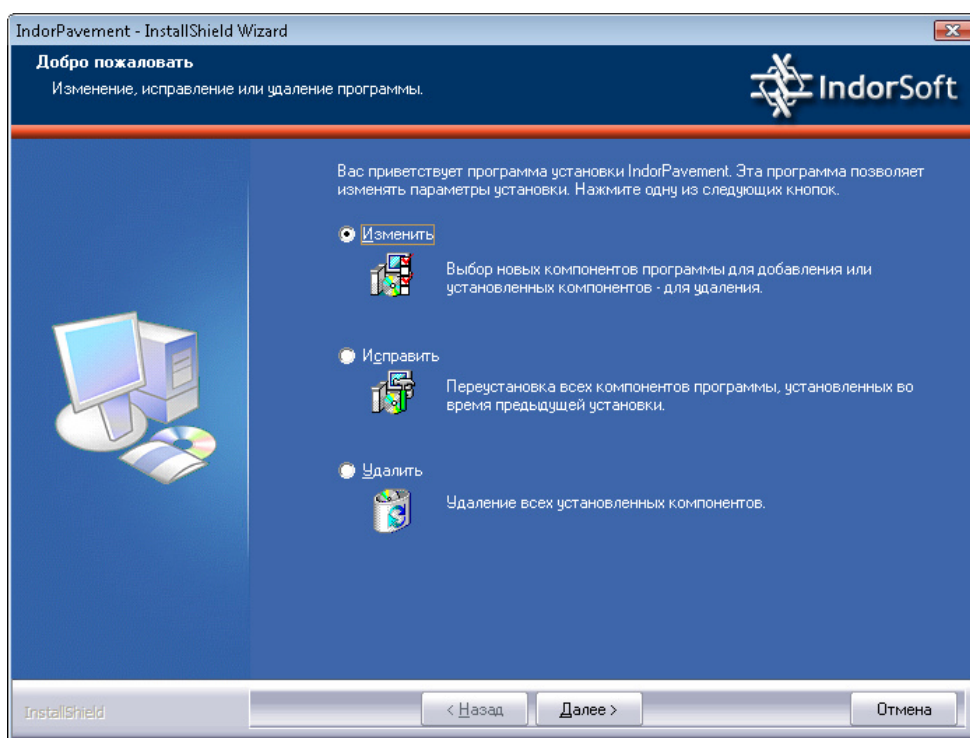
Обновление версии системы

Для системы IndorPavement предоставляется бесплатная техническая поддержка в течение 1 года. Бесплатная техническая поддержка означает, что в течение указанного периода с момента покупки системы Вы можете бесплатно обновлять версию системы с сайта компании «ИндорСофт», а также получать консультации в службе технической поддержки.

Дистрибутивы последних версий программных продуктов всегда доступны на сайте компании: www.indorsoft.ru/download/products/. Для обновления версии системы Вам нужно скачать файл дистрибутива и запустить его на компьютере.

При установке системы на компьютер, на котором ранее уже была инсталлирована система, появляется диалоговое окно, где предлагается настроить параметры установки. Возможны следующие варианты:

- **Изменить.** При выборе этого пункта открывается мастер установки на шаге выбора устанавливаемых компонентов. В нём галочками отмечены компоненты системы, установленные на компьютере во время предыдущей установки. Те компоненты, напротив которых Вы установите галочки, будут обновлены (либо установлены) в процессе текущей установки, другие компоненты будут удалены (либо не будут установлены).
- **Исправить.** При выборе этого пункта выполняется обновление всех компонентов системы, которые были инсталлированы во время предыдущей установки.



Изменение, исправление или удаление системы

- **Удалить.** При выборе этого пункта выполняется удаление всех установленных компонентов системы.

Защита от несанкционированного копирования

Для предотвращения несанкционированного копирования системы используется программно-аппаратная защита: **аппаратный ключ HASP** и **файл лицензий**. Система без аппаратного ключа HASP и файла лицензий будет работать в демонстрационном режиме, в котором недоступна часть функциональных возможностей.

Два способа подключения к ключу HASP: локальное и сетевое

- **Локальный ключ HASP**

При использовании локальных ключей HASP необходимо на каждое рабочее место установить локальный ключ и указать в настройках подключения, что нужно использовать именно этот ключ.

- **Сетевой ключ HASP**

Если Вы приобретаете большое количество рабочих мест и при этом не хотите на каждое рабочее место устанавливать локальный ключ HASP, то специально для таких ситуаций предусмотрена поставка программных продуктов с сетевыми ключами на приобретённое количество рабочих мест. В таком случае достаточно установить сетевой ключ на один из компьютеров локальной сети Вашей организации, который постоянно включен, к примеру, на сервер, а также установить на этот компьютер программу Менеджер лицензий, реализующую взаимодействие с сетевым ключом HASP. На рабочих местах нужно указать в настройках IP-адрес компьютера, на котором установлен сетевой ключ. При запуске программы на каждом рабочем месте будет происходить обращение с запросом к менеджеру лицензий о возможности запуска и режиме функционирования. Информация о максимально допустимом количестве запущенных копий системы на рабочих местах прописана в сетевом ключе HASP.

Файл лицензий

Каждому ключу HASP соответствует свой набор лицензий. Эти лицензии хранятся в файле с расширением *.lic, который называется **файл лицензий**. Файл лицензий должен находиться в папке **Program Files\Common Files\IndorSoft\Licenses**. При установке системы с установочного диска файл лицензий автоматически копируется в эту папку.

Следует заметить, что система будет работать в полнофункциональном режиме только, если на рабочем месте используются соответствующие друг другу ключ HASP и файл лицензий.

Для примера рассмотрим некоторые варианты поставки ключей HASP:

- **Один локальный ключ HASP**

Предположим, Вы приобретаете одно рабочее место системы и, соответственно, один локальный ключ HASP. В таком случае нужно подключить к компьютеру локальный ключ и скопировать Ваш файл лицензий в папку **Program Files\Common Files\IndorSoft\Licenses** (при установке с диска копирование выполняется автоматически).

- **Сетевой ключ HASP**

Если Вы приобретаете несколько рабочих мест и сетевой ключ HASP, то сетевой ключ нужно установить на один из компьютеров в локальной сети, а файл лицензий (для сетевого ключа он один) скопировать в папку **Program Files\Common Files\IndorSoft\Licenses** на всех рабочих местах, где будет использоваться система.

- **Несколько локальных ключей HASP**

В случае приобретения нескольких рабочих мест, возможно с разной функциональностью, в папку **Лицензии** установочного диска записываются все файлы лицензий, соответствующие приобретённым ключам. Например, если Вы приобретаете 5 локальных ключей HASP, то на Вашем диске будет 5 файлов лицензий – для каждого ключа свой файл. При установке системы с диска сразу все файлы лицензий автоматически копируются в папку **Program Files\Common Files\IndorSoft\Licenses**. В текущий момент на рабочем месте применяется только тот файл лицензий, который соответствует установленному на данном рабочем месте ключу HASP.

Настройка соединения с локальным ключом HASP

Чтобы получить возможность работы в полнофункциональном режиме при использовании локального ключа HASP, необходимо выполнить следующие действия на компьютере, на который устанавливается система:

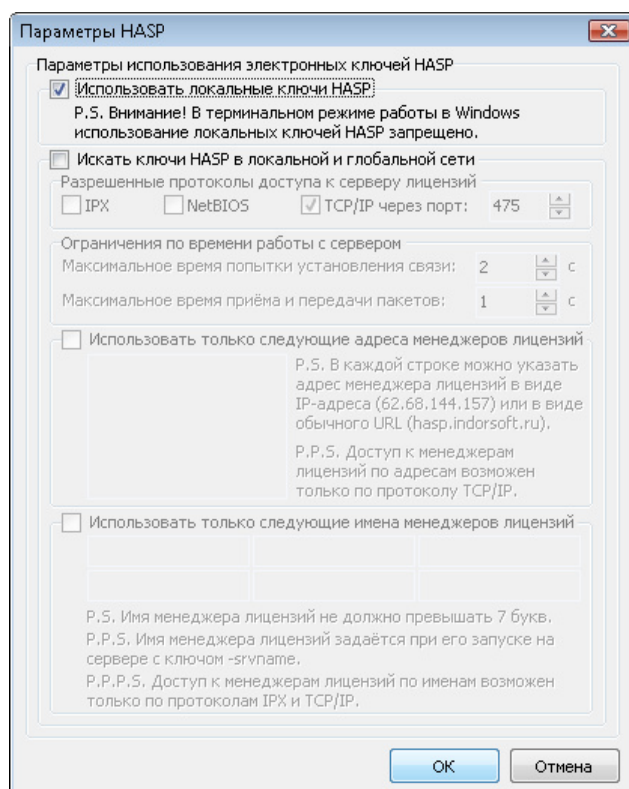
1. Установите драйвер аппаратного ключа HASP. Драйвер необходим для корректной работы с локальными и сетевыми ключами HASP. Для этого при установке системы IndorPavement на шаге выбора компонент установите опцию рядом с пунктом **Драйвер ключа HASP**.
2. Подключите аппаратный ключ HASP к USB-порту компьютера.
3. Проверьте, находится ли в папке **Program Files\Common Files\IndorSoft\Licenses** файл лицензий. И если по каким-то причинам файла лицензий там нет, то скопируйте его в эту папку.

4. Запустите систему IndorPavement. При этом должно появиться диалоговое окно, в котором сообщается о том, что ключ не найден.




Сообщение о том, что ключ HASP не найден

5. Нажмите кнопку **Настроить HASP и повторить...** При этом открывается диалоговое окно настройки подключения к ключу HASP.
6. Установите флаг **Использовать локальные ключи HASP**.
7. При нажатии кнопки **ОК** в этом окне система будет запущена в полнофункциональном режиме.



Настройка подключения к локальному ключу HASP

Окно настройки подключения к ключу HASP открывается также из системы IndorPavement при выполнении команды **Файл|  Настройка HASP...**

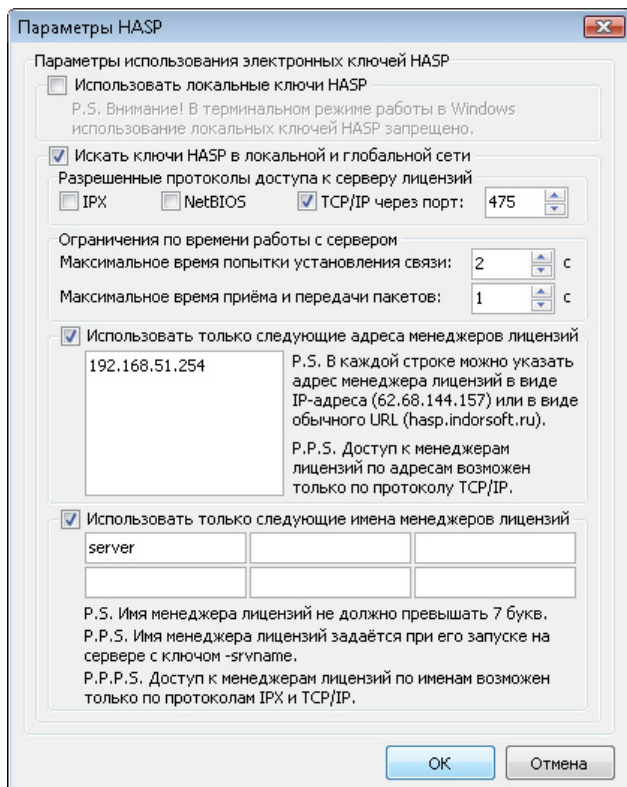
Установка сетевого ключа HASP. Настройка соединения с сетевым ключом на рабочих местах

Чтобы установить сетевой ключ HASP, выполните следующие действия:

1. Выберите компьютер, на который будет установлен сетевой ключ. Обычно его устанавливают на сервере или на одном из рабочих компьютеров, который чаще всего включен.
2. Установите драйвер аппаратного ключа HASP. Для этого при установке системы IndorPavement на шаге выбора компонент установите опцию рядом с пунктом **Драйвер ключа HASP**.
3. Подключите аппаратный ключ HASP к USB-порту компьютера.
4. Установите на этом компьютере программу Менеджер лицензий.

На рабочих местах:

5. Запустите систему IndorPavement. При этом должно появиться диалоговое окно, в котором сообщается о том, что ключ не найден.
6. Нажмите в этом окне кнопку **Настроить HASP и повторить...** Откроется диалоговое окно настройки подключения к ключу HASP.



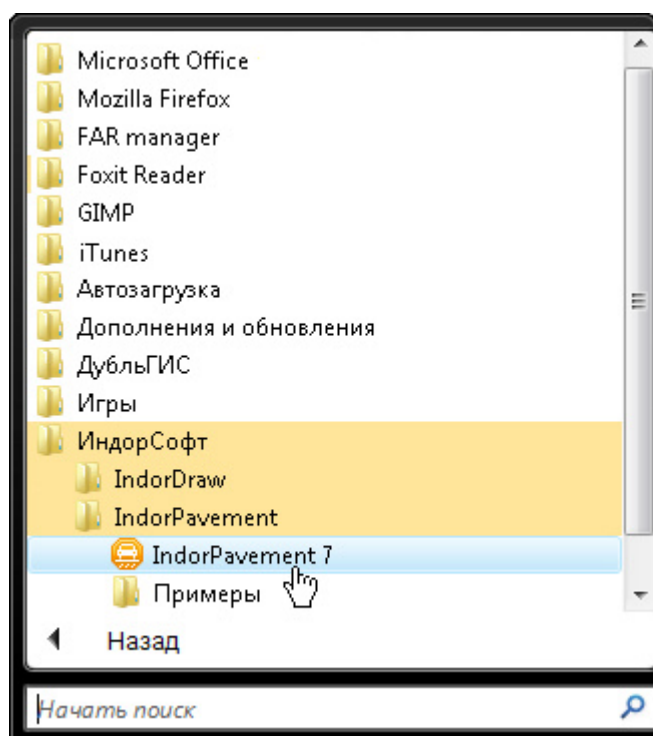
Настройка подключения к ключу HASP в локальной или глобальной сети

7. Установите флаг **Искать ключи HASP в локальной и глобальной сети**. Это означает, что при запуске системы на данном рабочем месте в сети будет найден компьютер, на котором установлен менеджер лицензий, и выполнен запрос о возможности запуска системы IndorPavement в полнофункциональном режиме.
8. Если в сети имеется несколько ключей HASP, то нужно указать, какие адреса менеджеров лицензий следует использовать. Для этого установите флаг **Использовать только следующие адреса менеджеров лицензий** и введите в поле IP-адрес сервера лицензий.
9. Если на компьютере, который является сервером лицензий, установлено несколько менеджеров лицензий, необходимо указать имя менеджера лицензий, к которому следует обращаться. Для этого установите флаг **Использовать только следующие адреса менеджеров лицензий** и введите в поле имя менеджера лицензий.

Кроме этого, можно отметить галочками разрешённые протоколы доступа к менеджеру лицензий, а также задать ограничения по времени ожидания отклика от сервера: **Максимальное время попытки установления связи** и **Максимальное время приёма и передачи пакетов**.

Запуск системы

Запустить систему IndorPavement можно через меню **Пуск** панели задач Windows, выбрав пункт **Все программы|ИндорСофт|IndorPavement|IndorPavement 7**.



Запуск системы IndorPavement через меню **Пуск**

Если система запускается в демонстрационном режиме

Если на рабочем месте настроено подключение к ключу HASP, но тем не менее система не находит ключа HASP и предлагает запускаться только в демонстрационном режиме, рекомендуем проверить следующие моменты:

- При использовании локального ключа HASP:
 - Проверьте, подключен ли к компьютеру аппаратный ключ HASP.
 - Проверьте, проинициализирован ли ключ HASP системой (в нём должна гореть лампочка). И если нет, то, возможно, на Вашем компьютере не установлен драйвер ключа HASP (◀ см. подраздел «Настройка соединения с локальным ключом HASP», с. 24). Если после установки драйвера ключ всё равно не проинициализирован системой, то, возможно, он неисправен. В этом случае проверьте его работоспособность на другом компьютере, и если неисправность подтвердится, обратитесь в службу технической поддержки компании «ИндорСофт» (▶ см. раздел «Служба технической поддержки», с. 31).
 - Убедитесь, что в настройках подключения к ключу HASP установлен флаг **Использовать локальные ключи HASP**.
 - Проверьте, есть ли у Вас файл лицензий (в папке **Program Files\Common Files\IndorSoft\Licenses**) и соответствует ли он используемому на компьютере ключу HASP (◀ см. подраздел «Файл лицензий», с. 23).
 - Если все перечисленные выше условия соблюдены и тем не менее система не запускается в полнофункциональном режиме, обратитесь в службу технической поддержки компании «ИндорСофт».
- При использовании сетевого ключа HASP:
 - Проверьте, правильно ли указаны настройки подключения к ключу HASP (должен быть установлен флаг **Искать ключи HASP в локальной и глобальной сети** и желательно указан IP-адрес компьютера, на котором установлен ключ).
 - Обратитесь к Вашему системному администратору с целью выяснить, включен и работает ли компьютер, на котором установлен ключ HASP, а также запущена ли программа Менеджер лицензий.
 - Проверьте, есть ли у Вас файл лицензий (в папке **Program Files\Common Files\IndorSoft\Licenses**) и соответствует ли он ключу HASP (◀ см. подраздел «Файл лицензий», с. 23).

- Если все перечисленные выше условия соблюдены и тем не менее система не запускается в полнофункциональном режиме, обратитесь в службу технической поддержки компании «ИндорСофт».

Возможность тестового использования системы IndorPavement в демонстрационном режиме

Демонстрационный режим

Для изучения возможностей системы IndorPavement Вы можете ознакомиться с демонстрационной версией системы. Она всегда доступна для скачивания на сайте компании «ИндорСофт»: www.indorsoft.ru/download/products/. Вам нужно скачать дистрибутив системы и установить систему на компьютере.

При запуске системы появляется диалоговое окно, в котором нужно нажать кнопку **Запустить в демо-режиме**. После этого система запускается в демонстрационном режиме.



Запуск системы в демонстрационном режиме

В демонстрационной версии системы недоступны команды:

- установления критериев расчёта конструкции дорожной одежды (конструкция автоматически рассчитывается на прочность по критерию упругого прогиба);
- оптимизации конструкции дорожной одежды по толщинам слоёв;
- сохранения проектов;
- экспорта отчётной документации;
- вызова мастера создания конструкций;
- создания и редактирования материалов в библиотеке материалов.

Полнофункциональный режим

Если для ознакомления с системой Вам недостаточно функций, доступных в демонстрационной версии, то у Вас есть возможность тестового использования системы в полнофункциональном режиме в течение определённого периода.

Чтобы получить доступ к полнофункциональной версии системы, нужно:

- Написать заявку в произвольной форме на доступ к системе. Заявку нужно отправить в службу технической поддержки на электронный адрес support@indorsoft.ru. В ней следует указать:
 - название и адрес Вашей организации;
 - ФИО контактного лица;
 - телефоны и адреса контактного лица для осуществления обратной связи;
 - период, в который будет осуществляться апробация системы (но не более двух недель);
 - версию и необходимую функциональность, с которой Вы хотели бы поработать;
 - внешний статический IP-адрес компьютера, с которого будет осуществляться апробация системы.
- Мы рассматриваем Вашу заявку и в случае положительного решения отправляем на указанный Вами адрес файл лицензий.
- На компьютере, с которого Вы будете работать, необходимо:
 - скопировать присланный нами файл лицензий в папку **Program Files\Common Files\IndorSoft\Licenses**;
 - в настройках подключения к ключу HASP установить флаг **Искать ключи HASP в локальной и глобальной сети**, затем флаг **Использовать только следующие адреса менеджеров лицензий** и в качестве адреса менеджера лицензий указать **hasp.indorsoft.ru**;
 - если на компьютере установлен межсетевой экран (Firewall, брандмауэр), то нужно разрешить прохождение через экран UDP-пакетов в прямом и обратном направлении через порт 475.
- Через две недели с момента открытия доступа Ваш файл лицензий станет недействительным и доступ к нашему серверу будет закрыт.

Служба технической поддержки

Служба технической поддержки компании «ИндорСофт» оказывает поддержку партнёрам компании, покупателям, а также некоммерческим пользователям продуктов «ИндорСофт».

Вопросы, выходящие за рамки технической поддержки программных продуктов «ИндорСофт», необходимо адресовать соответствующим разработчикам стороннего программного обеспечения и т. п. В рамках технической поддержки программных продуктов не решаются вопросы сопровождения конкретных изыскательских и проектных решений, если только эти вопросы не касаются ошибок и проблем в работе продуктов «ИндорСофт».

Вопросы по работе с системой

В случае возникновения вопросов по работе с системой IndorPavement рекомендуется поступить одним из следующих способов:

1. Изучите доступную информацию по этому вопросу в документации по системе и попытайтесь самостоятельно найти решение проблемы. При установке системы документация в формате PDF копируется в папку **Program Files\IndorSoft\IndorPavement\7.0\Help**. Кроме этого, она хранится на Вашем установочном диске в папке **Документация**. Самая последняя версия документации всегда доступна на сайте компании: www.indorsoft.ru/download/products/.

Документация в формате CHM – справка – открывается непосредственно из системы IndorPavement при выполнении команды **?|Справка** или при нажатии клавиши F1. В процессе работы с программой можно воспользоваться контекстной справкой: если нажать клавишу F1 при открытом диалоговом окне либо включенном режиме, то справка откроется именно на том разделе, где описывается данное диалоговое окно или режим.

2. Вы можете обсудить Вашу проблему на форуме, действующем на сайте компании: www.indorsoft.ru/support/forum/, либо воспользоваться поиском по форуму – возможно, такая проблема уже возникала у других пользователей и её решение обсуждалось на форуме.
3. Если описанные выше варианты не помогли справиться с проблемой, обратитесь в службу технической поддержки, действующую на сайте компании: www.indorsoft.ru/support/tickets/.

Подать обращение в службу технической поддержки могут только зарегистрированные пользователи, поэтому, если Вы в первый раз отправляете обращение, Вам сначала будет предложено зарегистрироваться. При повторном обращении будет предложено авторизоваться.

Ниже представлена форма подачи обращения в службу технической поддержки.

Новое обращение

Пример подачи обращения в службу технической поддержки

В обращении нужно указать заголовок и текст сообщения. Ниже следует выбрать критичность сообщения: низкая, средняя или высокая, и категорию, например, «Вопрос по работе с другими продуктами».

Если Ваш вопрос «привязан» к конкретному проекту, рекомендуем Вам отправить нам также и файл проекта, предварительно его заархивировав. При наличии проекта будет гораздо проще разобраться с проблемой и ответить на Ваш вопрос. Чтобы прикрепить файл проекта к обращению, нажмите кнопку **Browse...(Обзор...)**.

4. Если у Вас нет возможности зайти на наш сайт, напишите письмо в службу технической поддержки на электронный адрес support@indorsoft.ru. При необходимости в письмо можно также вложить файл проекта.
5. Позвоните в «ИндорСофт» по телефонам: (3822) 651-386, 651-387.

Обнаруженные ошибки в работе системы

Мы будем Вам признательны, если в случае обнаружения ошибки в работе программы Вы сообщите нам о ней. Это можно сделать, отправив обращение в службу технической поддержки на сайте компании или написав письмо в службу технической поддержки на электронный адрес support@indorsoft.ru.

Предложения и пожелания

Помимо вопросов по работе с программой, Вы можете отправлять в компанию «ИндорСофт» свои пожелания и предложения (оставив обращение на сайте или отправив письмо на электронную почту). В случае подачи обращения в службу технической поддержки на сайте компании выберите в обращении категорию **Предложения и пожелания**. Мы постараемся учесть все Ваши предложения.

Основные понятия

Дорожная конструкция – инженерное сооружение, состоящее из дорожной одежды и верхней части земляного полотна в пределах рабочего слоя (см. [7, раздел 1 «Общие положения»]).

Дорожная одежда – многослойное искусственное сооружение, ограниченное проезжей частью автомобильной дороги, состоящее из дорожного покрытия, слоёв основания и подстилающего слоя, воспринимающее многократно повторяющееся воздействие транспортных средств и погодноклиматических факторов и обеспечивающее передачу транспортной нагрузки на верхнюю часть земляного полотна (см. [7, раздел 1 «Общие положения»]).

Дорожная одежда нежёсткая – дорожная одежда, устроенная из разного вида асфальтобетонов (дёгтебетонов), из материалов и грунтов, укреплённых битумом, цементом, известью, комплексными и другими вяжущими, а также из слабосвязных зернистых материалов (щебня, шлака, гравия и др.) (см. [1, раздел 1 «Общие положения»]).

Дорожная одежда жёсткая – дорожная одежда, содержащая цементобетонное покрытие, сборное покрытие из железобетонных или армобетонных плит с основанием из цементобетона или железобетона.

Покрытие – верхняя часть дорожной одежды, воспринимающая усилия от колёс транспортных средств и подвергающаяся непосредственному воздействию атмосферных факторов (см. [1, раздел 1 «Общие положения»]).

Основание – часть конструкции дорожной одежды, расположенная под покрытием и обеспечивающая совместно с покрытием перераспределение напряжений в конструкции и снижение их величины в грунте рабочего слоя, а также морозоустойчивость и осушение конструкции (см. [1, раздел 1 «Общие положения»]).

Дополнительные слои основания – слои между несущим основанием и подстилающим грунтом, предусматриваемые при наличии неблагоприятных погодноклиматических и грунтово-гидрологических условий (см. [1, раздел 1 «Общие положения»]).

Конструктивный слой – слой конструкции дорожной одежды, который может представлять слои покрытия, основания и дополнительные слои основания.

Рабочий слой земляного полотна – верхняя часть полотна в пределах от низа дорожной одежды до $2/3$ глубины промерзания, но не менее 1,5 м от поверхности покрытия (см. [1, раздел 1 «Общие положения»]).

Прочность (несущая способность) дорожной конструкции – свойство, характеризующее способность дорожной конструкции воспринимать воздействие движущихся транспортных средств и погодно-климатических факторов (см. [7, раздел 1 «Общие положения»]).

Расчётная нагрузка – вертикальная нагрузка, принятая для назначения требуемой прочности дорожных конструкций (см. [7, раздел 1 «Общие положения»]).

Модуль упругости – величина, характеризующая упругие свойства материала. В случае малых деформаций имеет место линейная зависимость между напряжениями (МПа) и деформациями (удлинениями, %). Модуль упругости в этом случае представляет собой коэффициент пропорциональности в этих соотношениях.

Коэффициент Пуассона – коэффициент, характеризующий упругие свойства материала. При приложении к телу растягивающего усилия оно начинает удлиняться (т. е. длина увеличивается), а поперечное сечение уменьшается. Коэффициент Пуассона показывает, во сколько раз изменяется поперечное сечение деформируемого тела при его растяжении или сжатии.

Геосинтетические материалы – класс строительных материалов, предназначенных для создания дополнительных слоёв различного назначения: армирующих, дренирующих, защитных, фильтрующих, гидроизолирующих и теплоизолирующих с целью улучшения конструкции дорожной одежды.

Прослойка из геосинтетического материала – неконструктивный слой дорожной одежды, состоящий из геосинтетического материала и повышающий качество конструкции дорожной одежды по прочностным, дренирующим и другим критериям.

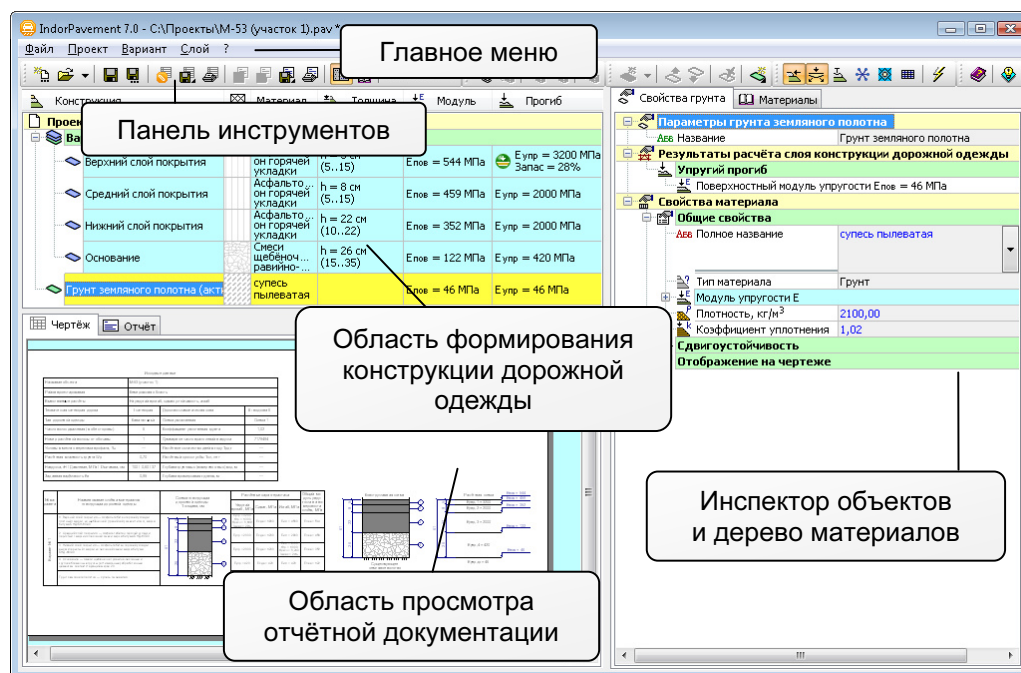
Армирование – усиление строительных конструкций в результате перераспределения напряжений от транспортных средств или собственного веса. В зависимости от области применения повышается жёсткость насыпи, устойчивость откосов, несущая способность основания, снижается неравномерность осадки.

Дренажная конструкция – дренирующий дополнительный слой основания с использованием вспомогательных конструктивных элементов (канавы, ровики и т. п.).

Обзор главного окна системы

Главное окно системы IndorPavement состоит из следующих элементов:

- **Главное меню.** Расположено под заголовком окна. В нём собраны доступные в текущий момент команды системы, определённым образом сгруппированные.






Главное окно системы IndorPavement

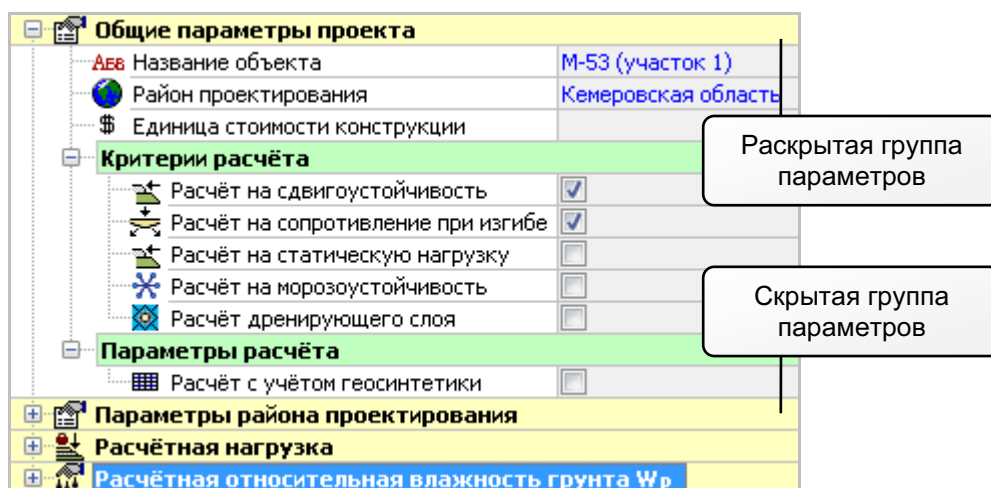
- **Панель инструментов.** Панели инструментов расположены под главным меню и состоят из кнопок, обеспечивающих быстрый доступ к командам системы. Кнопки панели инструментов дублируют команды меню.
- **Инспектор объектов и дерево материалов.** Инспектор объектов располагается в правой части главного окна и предназначен для настройки свойств проекта, конструкций дорожной одежды, а также материалов, из которых она состоит (► см. раздел «Использование инспектора объектов», с. 36). Дерево материалов расположено на закладке **Материалы** в инспекторе объектов и предоставляет доступ ко всем материалам из библиотеки материалов.
- **Область формирования конструкции дорожной одежды.** Занимает центральную часть окна и содержит дерево объектов – варианты конструкций дорожной одежды со слоями материалов и грунтом земляного полотна.

- **Область просмотра отчётной документации.** Занимает нижнюю часть окна и содержит две закладки: **Чертёж** и **Отчёт**. На закладке **Чертёж** отображается чертёж, представленный расчётной и конструктивной схемами вариантов конструкций дорожной одежды, а также таблицей с исходными данными проекта (► см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», раздел «Формирование чертежа», с. 188). При изменении конструкции дорожной одежды чертёж обновляется автоматически. На закладке **Отчёт** в текстовом формате представлена подробная информация о конструкции дорожной одежды и проводимых расчётах (► см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», раздел «Формирование отчёта», с. 198).

Использование инспектора объектов

Параметры проекта, конструкции дорожной одежды, а также слоёв, из которых она состоит, настраиваются в инспекторе объектов, который располагается в правой части главного окна системы и открывается с помощью кнопки  **Инспектор объектов** на панели инструментов или клавишей F6.

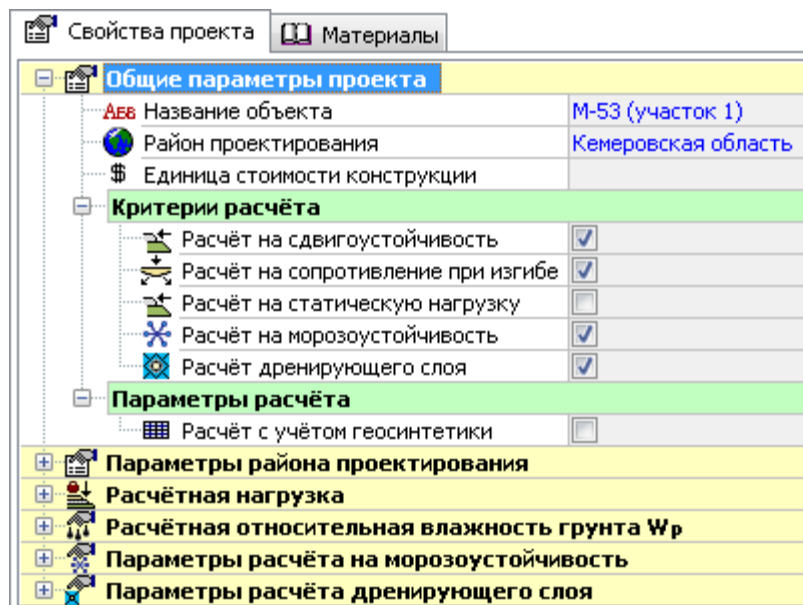
Параметры в инспекторе объектов определённым образом разбиты на группы и структурированы. Если в данный момент группа не используется для редактирования свойств объектов, то её можно скрыть, нажав кнопку . Для обратной операции нажмите кнопку .



Группы параметров инспектора объектов

В инспекторе объектов доступны две закладки:

- **Свойства.** В определённый момент времени на этой закладке отображаются параметры выбранного объекта. Например:
 - Если в области формирования конструкции дорожной одежды щёлкнуть мышью в поле **Проект конструкции дорожной одежды**, то на этой закладке будут отображены свойства, относящиеся к проекту в целом (параметры района проектирования, расчётной нагрузки и т. п.).



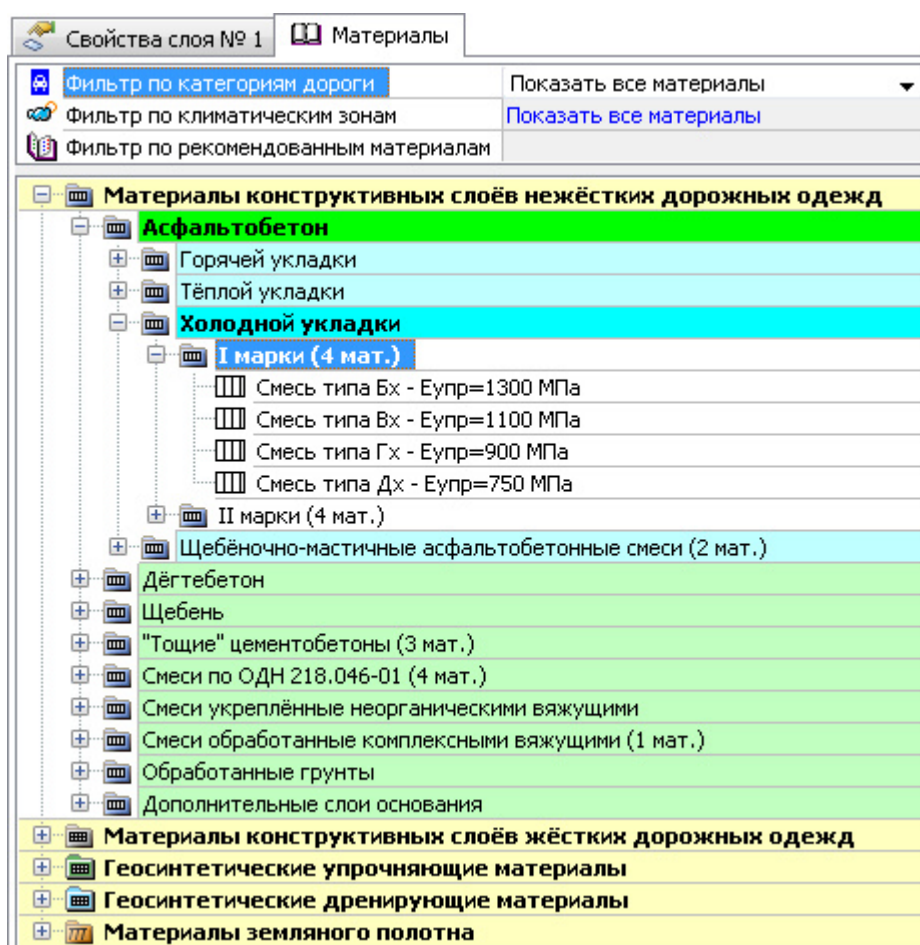
Инспектор объектов (закладка **Свойства проекта**)

- Если щёлкнуть мышью на конструктивном слое, то на закладке будут отображены параметры этого слоя и материала, из которого он состоит.
- Щёлкнув мышью в области формирования конструкции дорожной одежды на слое грунта земляного полотна, можно отобразить на этой закладке его параметры и свойства материала грунта.
- Если щёлкнуть мышью в поле **Вариант № (номер варианта)**, то на закладке появится информация о расчётах для данного варианта конструкции дорожной одежды.

Замечание

Название закладки динамически изменяется. Таким образом, система подсказывает, какие свойства в инспекторе объектов отображаются в данный момент.

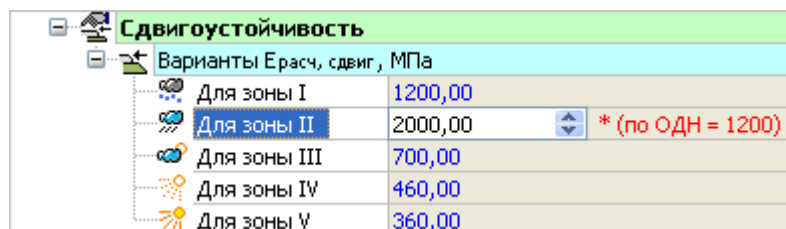
- **Материалы.** Эта закладка предназначена для быстрого добавления материалов в конструкцию дорожной одежды. Материалы разбиты на пять концептуально различающихся групп: **Материалы конструктивных слоёв нежёстких дорожных одежд**, **Материалы конструктивных слоёв жёстких дорожных одежд**, **Геосинтетические упрочняющие материалы**, **Геосинтетические дренарующие материалы** и **Материалы земляного полотна**, каждая из которых содержит подгруппы, объединяющие материалы по какому-то общему признаку. Для сокращения времени поиска нужного материала можно отфильтровать материалы по технической категории дороги, дорожно-климатической зоне, а также в соответствии с рекомендованными материалами в альбоме типовых решений.



Инспектор объектов (закладка **Материалы**)

Замечание

Многие параметры в инспекторе объектов имеют подсказки – значения параметров в соответствии с нормативными документами (например, ОДН 218.046–01). Они отображаются рядом с числовым полем при получении им фокуса. Если в числовое поле введено значение, не соответствующее нормативному документу, то подсказка подсвечивается красным цветом.




Сдвигоустойчивость	
Варианты Ерасч, сдвиг, МПа	
Для зоны I	1200,00
Для зоны II	2000,00 * (по ОДН = 1200)
Для зоны III	700,00
Для зоны IV	460,00
Для зоны V	360,00

Отображение подсказок при вводе значений в инспекторе объектов

Ввод числовых значений

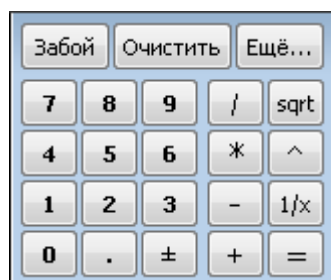
В инспекторе объектов присутствуют поля для ввода числовых значений. Ввести определённое значение в такое поле можно с клавиатуры, а изменить значение можно несколькими способами:

- Клавишами Стрелка вверх, Стрелка вниз.
- Кнопками , расположенными справа от поля ввода.
- Колесом мыши. При прокрутке колеса мыши вперёд значение увеличивается, а при прокрутке назад – уменьшается.


Замечание

Если изменять значение в поле ввода и удерживать нажатой клавишу Ctrl, то шаг изменения значения увеличивается в десять раз. При удерживании клавиши Shift – уменьшается в десять раз.

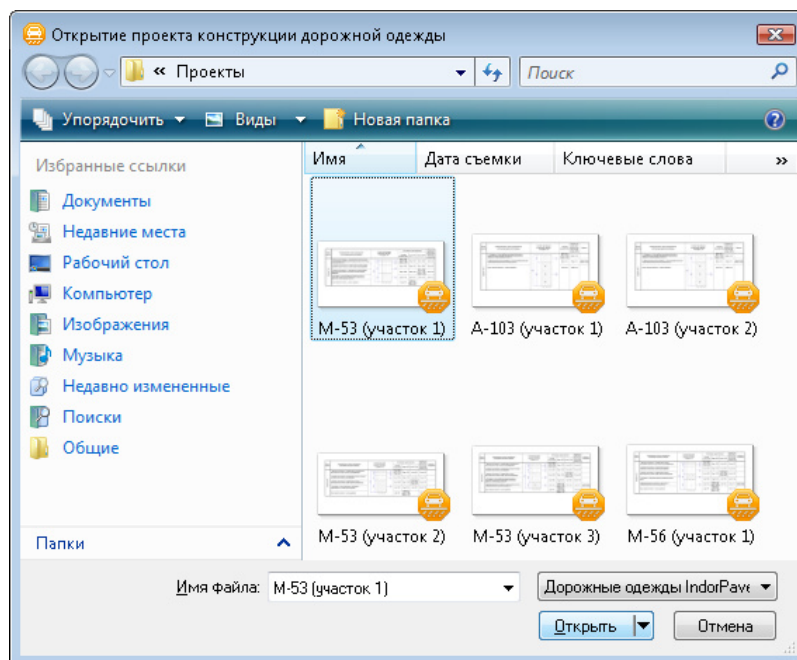
При вводе числовых значений можно также воспользоваться встроенным в систему калькулятором. Для этого установите фокус в числовое поле и нажмите клавишу F4.



Стандартный калькулятор


 **Открыть проект** на панели инструментов. Также можно воспользоваться клавишами Ctrl+O.

На экране появится диалоговое окно открытия файла. Найдите и откройте папку, содержащую проект знака, выделите файл проекта, после чего нажмите кнопку **Открыть**. Файлы проектов IndorPavement имеют расширение *.pav.

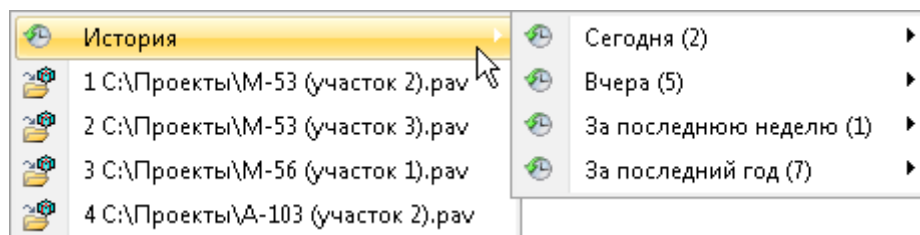


Открытие проекта конструкции дорожной одежды

Открытие проектов, которые открывались в предыдущие сеансы работы

В меню **Файл** отображается список проектов, открывавшихся в предыдущие сеансы работы (первым указывается тот файл, который использовался последним). Для открытия проекта из этого списка достаточно щёлкнуть на нём мышью. Аналогичный список появляется при нажатии стрелки рядом с кнопкой  **Открыть проект** на панели инструментов.

Также можно отдельно просмотреть проекты, открывавшиеся за последний месяц, неделю и т.д. Для этого выберите в подменю **История** соответствующий пункт.



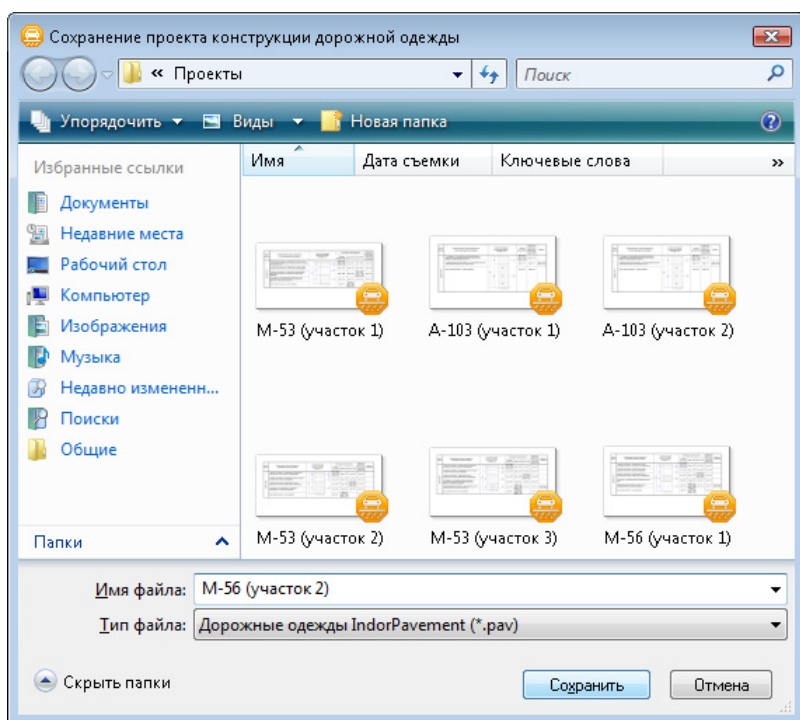
Список проектов, открывавшихся в предыдущие сеансы работы

Сохранение проекта

Для сохранения проекта расчёта конструкции дорожной одежды выполните команду меню **Файл** | **Сохранить проект** или нажмите кнопку **Сохранить проект** на панели инструментов. Также можно воспользоваться комбинацией клавиш Ctrl+S.

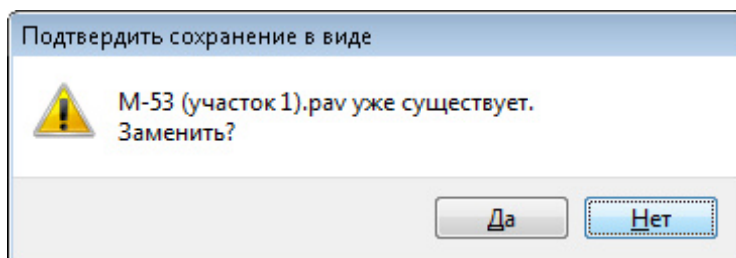
При первом сохранении система открывает диалоговое окно сохранения проекта, в котором нужно ввести имя файла и нажать кнопку **Сохранить**.

Чтобы сохранить текущий проект под другим именем, выполните команду меню **Файл** | **Сохранить проект как...** или нажмите кнопку **Сохранить проект как** на панели инструментов. Также эту команду можно выполнить с помощью «горячих» клавиш Ctrl+Shift+S. В диалоговом окне сохранения файла, как и при первом сохранении проекта, в поле **Имя файла** введите новое имя файла проекта и нажмите кнопку **Сохранить**.



Сохранение проекта конструкции дорожной одежды

При попытке сохранить файл под существующим именем система запрашивает подтверждение о замене файла проекта.




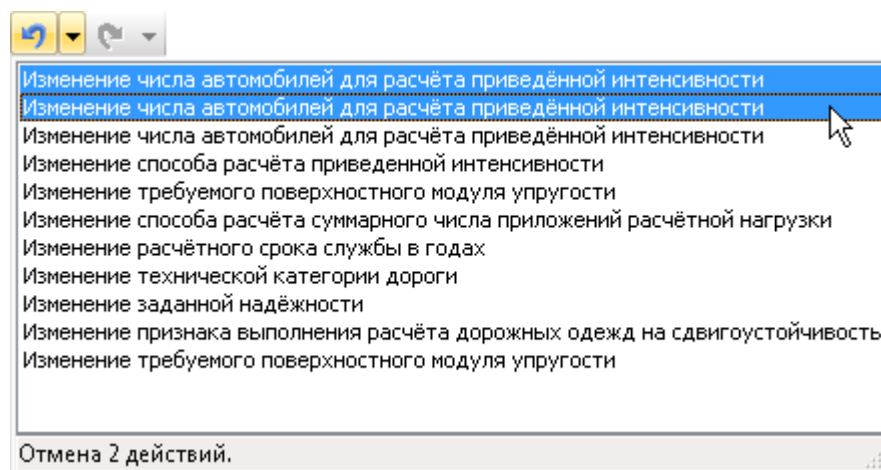
Окно подтверждения сохранения проекта

Если нажать кнопку **Да** – текущий проект сохраняется в указанном файле. Кнопка **Нет** отменяет операцию.

Отмена действий


При редактировании проекта расчёта конструкции дорожной одежды удобно использовать операцию отмены последнего выполненного действия или сразу нескольких последних действий. Команды для отмены действий расположены на панели инструментов.

Кнопка  **Отменить** выполняет отмену последнего выполненного действия. При нажатии стрелки, расположенной рядом с этой кнопкой, появляется список, который представляет собой последовательность действий пользователя. Он позволяет отменить несколько последних выполненных действий. Для этого щёлкните в списке на том действии, с которого начинаются действия, подлежащие отмене.



Список действий пользователя

Также команду **Отменить** можно выполнить, используя клавиатурный эквивалент **Alt+Backspace**.

Команда  **Вернуть** повторно выполняет последнее отменённое действие. При нажатии стрелки, расположенной рядом с кнопкой, появляется список, содержащий все отменённые ранее действия пользователя. Он позволяет вернуть (т. е. повторно выполнить) несколько действий сразу. Также команду **Вернуть** можно вызвать, используя «горячие» клавиши **Shift+Alt+Backspace**.

Глава

2

Формирование конструкции дорожной одежды

В этой главе:

Структура дорожной одежды

Работа с конструктивными слоями

Работа с грунтом земляного полотна

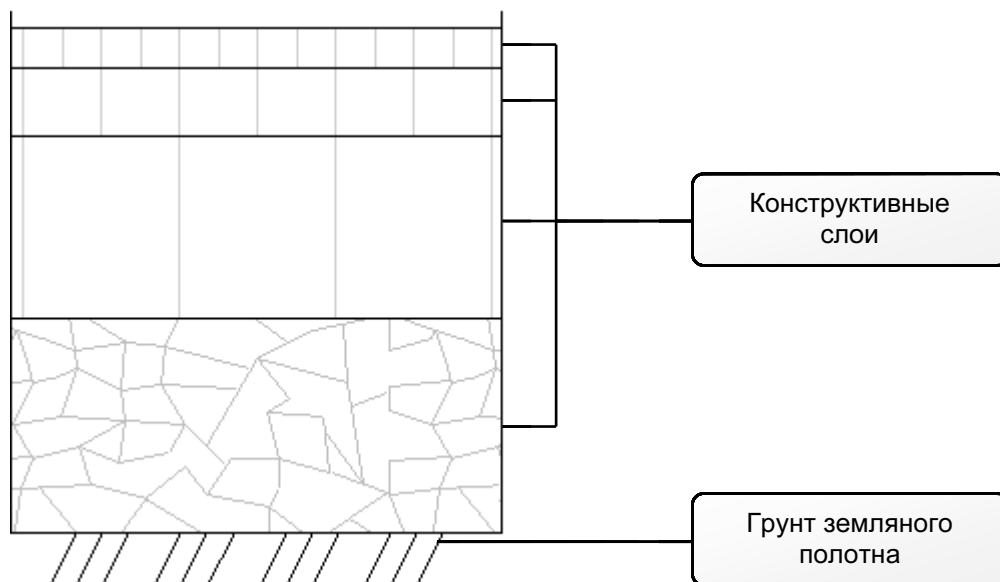
Работа с геосинтетическими
материалами

Формирование конструкции дорожной одежды

При конструировании дорожной одежды решаются такие задачи, как выбор подходящих материалов, определение количества слоёв, их размещения и толщины. В этой главе рассматривается процесс создания конструкции дорожной одежды, включающий добавление конструктивных слоёв и геосинтетических материалов, выбор грунта земляного полотна, а также редактирование параметров слоёв.

Структура дорожной одежды

Конструкция дорожной одежды состоит из естественного грунта земляного полотна и конструктивных слоёв, содержащих материалы жёстких и нежёстких дорожных одежд. Конструктивные слои могут формировать покрытие, основание, а также дополнительные слои основания, используемые, например, в качестве насыпного грунта.



Отображение грунта земляного полотна и конструктивных слоёв дорожной одежды

Система IndorPavement позволяет формировать и производить расчёт как нежёстких, так и жёстких дорожных одежд. Оба типа конструкций представлены в виде набора слоёв. В области формирования конструкции дорожной одежды конструктивные слои окрашены голубым цветом, а грунт земляного полотна, представленный также в качестве слоя, – жёлтым.

Для каждого слоя отображаются краткая информация о параметрах слоя (материал, толщина, модуль упругости) и расчётные значения по выбранным критериям. С помощью этой информации можно произвести визуальный анализ конструкции жёсткой (► см. гл. 4 «Расчёт жёстких дорожных одежд», раздел «Визуальный анализ расчёта», с. 114) и нежёсткой дорожной одежды (► см. гл. 3 «Расчёт нежёстких дорожных одежд», раздел «Визуальный анализ расчёта», с. 66).

Конструкция		Материал	Толщина	Модуль	Прогиб
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Верхний слой покрытия		Асфальто... он горячей укладки	h = 5 см (3...15)	Е _{пов} = 494 МПа	Е _{упр} = 3200 МПа Запас = 139%
Средний слой покрытия		Асфальто... он горячей укладки	h = 8 см (3...15)	Е _{пов} = 427 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа
Нижний слой покрытия		Асфальто... он горячей укладки	h = 14 см (3...15)	Е _{пов} = 325 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа
Основание		Смеси щебёноч... равнино...	h = 26 см (8...40)	Е _{пов} = 165 МПа	Е _{упр} = 500 МПа
Дополнительный слой основания		Песок средней крупности,	h = 20 см (10...80)	Е _{пов} = 67 МПа	Е _{упр} = 120 МПа
Грунт земляного полотна		Супесь пылеватая		Е _{пов} = 45 МПа	Е _{упр} = 45 МПа

Представление конструкции дорожной одежды

Несмотря на аналогичность представления конструкций, теории проектирования жёстких и нежёстких дорожных одежд существенно различаются. Эти различия отражены в алгоритмах расчётов конструкций.

Определение вида дорожной одежды производится путём анализа её конструкции. К жёстким дорожным одеждам будем относить одежды, имеющие:

- цементобетонные монолитные покрытия;
- асфальтобетонные покрытия на основаниях из цементобетона;
- сборные покрытия из железобетонных и армобетонных плит.

Остальные конструктивные решения будем считать нежёсткими.



Работа с конструктивными слоями

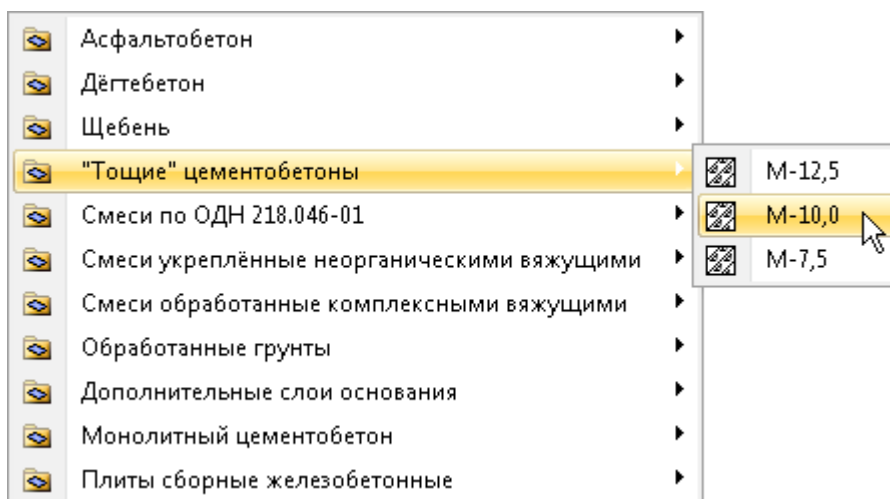
Добавление конструктивного слоя

Замечание


Конструктивные слои добавляются в конструкцию таким образом, чтобы не нарушалось свойство возрастания модулей упругости материалов от слоя грунта земляного полотна к слоям покрытия.

Создание конструктивного слоя с заданным материалом возможно несколькими способами:

- В области формирования конструкции дорожной одежды выделите вариант конструкции дорожной одежды или один из конструктивных слоёв, если таковые существуют. Затем в меню **Слой** выберите пункт  **Добавить** (или нажмите кнопку  **Добавить новый слой** на панели инструментов) и в появившемся подменю выберите нужный тип материала.

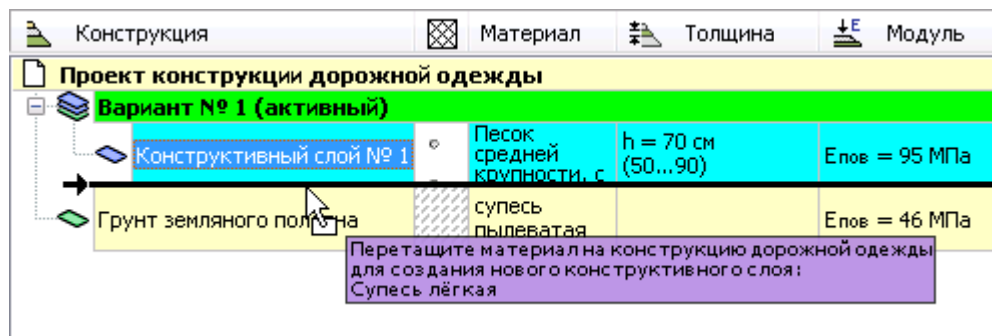


Добавление конструктивного слоя через меню

Для создания пустого конструктивного слоя, не характеризующегося каким-либо материалом, выполните команду меню **Слой** |  **Добавить новый**.

- Добавьте конструктивный слой через контекстное меню в области формирования конструкции дорожной одежды (аналогично добавлению через главное меню).
- Откройте закладку **Материалы** в инспекторе объектов. Все материалы конструктивных слоёв объединены в две группы: **Материалы конструктивных слоёв нежестких дорожных одежд** и **Материалы конструктивных слоёв жестких дорожных одежд**. Нажмите на нужном материале кнопку мыши и «перетащите» в область формирования конструкции

дорожной одежды. Система укажет место в конструкции, куда может быть добавлен материал.



Добавление конструктивного слоя с помощью закладки **Материалы**

Замечание

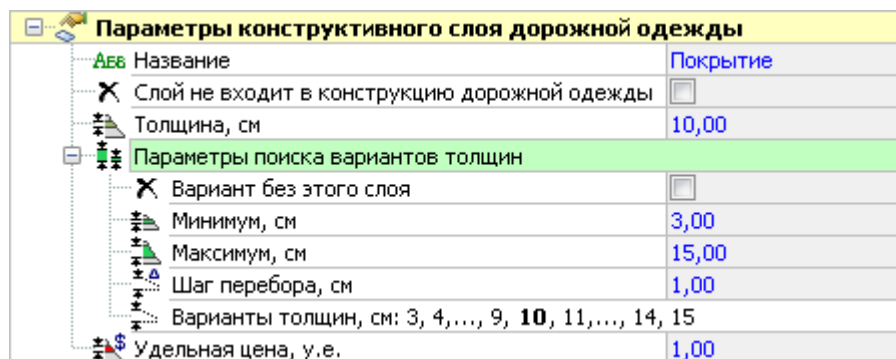
При добавлении слоёв с помощью дерева материалов рядом с указателем мыши отображается специальная подсказка, содержащая вспомогательную информацию о выполняемых действиях. Подсказка поможет сориентироваться при добавлении материала на начальном этапе освоения системы.

Редактирование параметров конструктивного слоя

При выделении в области формирования конструкции дорожной одежды конструктивного слоя его свойства отображаются в инспекторе объектов на закладке **Свойства слоя № (номер слоя)**.

В группу **Параметры конструктивного слоя дорожной одежды** объединены параметры, общие для всех конструктивных слоёв.

- Название конструктивного слоя, отображаемое в области формирования конструкции дорожной одежды, задаётся в поле **Название**. Можно выбрать название из списка или ввести любое другое с клавиатуры.



Параметры конструктивного слоя дорожной одежды

- Расчёт конструкции дорожной одежды может быть выполнен без учёта определённого слоя. Для этого не обязательно удалять слой из конструкции, а достаточно установить опцию **Слой не входит в конструкцию дорожной одежды**. В области формирования конструкции название такого слоя отображается серым цветом, а его расчётные параметры отсутствуют. В инспекторе объектов параметры материала слоя недоступны для редактирования.

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль
Проект конструкции дорожной одежды			
Вариант № 1			
Верхний слой покрытия	Асфальтобетон горячий плотный	$h = 5 \text{ см}$ (5...10)	$E_{\text{пов}} = 228 \text{ МПа}$
Средний слой покрытия	Асфальтобетон горячий пористый	$h = 8 \text{ см}$ (5...20)	$E_{\text{пов}} = 176 \text{ МПа}$
Нижний слой покрытия	Асфальтобетон горячий высокопористый	$h = 14 \text{ см}$ (10...50)	
Основание	Смесь щебёночная с	$h = 34 \text{ см}$ (5...34)	$E_{\text{пов}} = 119 \text{ МПа}$
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		$E_{\text{пов}} = 46 \text{ МПа}$

Слой дорожной одежды, не учитывающийся при расчётах

- Толщина конструктивного слоя задаётся в поле **Толщина**. Этот параметр влияет на расчёт конструкции дорожной одежды по любым критериям, а также на стоимостную составляющую слоя.
- В группе **Параметры поиска вариантов толщин** задаются параметры, ограничивающие область поиска вариантов конструкции дорожной одежды по толщинам конструктивных слоёв.
 - При установке опции **Вариант без этого слоя** система предоставит различные варианты конструкций дорожной одежды без учёта данного слоя.
 - В поле **Минимум** задаётся минимально допустимая толщина слоя для поиска вариантов конструкции дорожной одежды.
 - В поле **Максимум** задаётся максимально допустимая толщина слоя для поиска вариантов конструкции дорожной одежды.
 - В поле **Шаг перебора** устанавливается шаг перебора толщин слоя, с которым будут рассматриваться варианты конструкции дорожной одежды при оптимизации по толщинам слоёв. Если установить шаг перебора, равный 1, то при оптимизации конструкции по толщинам слоёв система рассчитает всевозможные варианты, начиная с минимальной толщины слоя и заканчивая максимальной толщиной слоя.

- Варианты толщин слоя, которые будут рассмотрены при оптимизации конструкции дорожной одежды по толщинам слоёв, отображаются в поле **Варианты толщин**. Значение толщины текущего слоя выделено отдельным стилем.

Замечание

Оптимизация конструкции дорожной одежды по толщинам слоёв с использованием таких критериев, как стоимость, толщина, модуль упругости конструкции и др., рассматривается в гл. 5 «Техно-экономический анализ результатов» в разделе «Оптимизация конструкции дорожной одежды».

- Цена за 1 м² материала слоя в единицах стоимости конструкции задаётся в поле **Удельная цена**. С учётом этого параметра рассчитывается стоимостная составляющая слоя.

В группе **Результаты расчёта слоя конструкции дорожной одежды** отображаются результаты расчёта слоя по выбранным критериям. Для различных слоёв может производиться расчёт по различным критериям (зависит от выбранных критериев и типа материала слоя).

- В поле **Общая цена слоя** отображается стоимостная характеристика слоя, вычисляемая как произведение толщины слоя на его удельную стоимость. Результат отображается в единицах стоимости конструкции.

Результаты расчёта слоя конструкции дорожной одежды	
	Общая цена слоя = 1 320,00 у.е.
	Упругий прогиб
	Поверхностный модуль упругости $E_{пов}$ = 544 МПа
	Изгиб
	Наибольшее растягивающее напряжение σ_r = 0,404 МПа
	Прочность материала при изгибе R_n = 0,604 МПа
	Расчётный коэффициент прочности $K_{расч}$ = 1,496
	Требуемый коэффициент прочности $K_{тр}$ = 1,000
	Запас прочности $(K_{расч} - K_{тр}) / K_{тр} * 100\%$ = 50%

Результаты расчёта конструктивного слоя

- В группе **Упругий прогиб** отображается поверхностный модуль упругости слоя. Этот параметр рассчитывается для всех конструктивных слоёв конструкции дорожной одежды нежёсткого типа, независимо от установленных критериев расчёта. Для верхнего слоя конструкции в группе **Упругий прогиб** также отображается требуемый модуль упругости, расчётный коэффициент прочности, требуемый коэффициент прочности и запас прочности (► см. гл. 3 «Расчёт нежёстких дорожных одежд», раздел «Расчёт на упругий прогиб», с. 79).

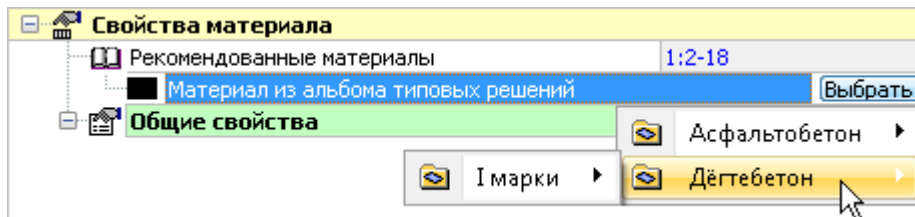
Результаты расчёта слоя конструкции дорожной одежды	
	Общая цена слоя = 375,00 у.е.
Упругий прогиб	
↓E	Поверхностный модуль упругости $E_{пов} = 544$ МПа
↓E	Требуемый модуль упругости $E_{тр} = 326$ МПа
⚠	Расчётный коэффициент прочности $K_{расч} = 1,668$
✓	Требуемый коэффициент прочности $K_{тр} = 1,300$
🔍	Запас прочности $(K_{расч} - K_{тр}) / K_{тр} * 100\% = 28\%$

Результаты расчёта верхнего слоя покрытия

- В зависимости от того, по каким критериям производится расчёт конструкции дорожной одежды, в группе **Результаты расчёта слоя конструкции дорожной одежды** могут отображаться следующие группы: **Сдвигоустойчивость**, **Изгиб**, **Статическая нагрузка**, **Морозоустойчивость** и **Расчёт на дренаж**.

Свойства материала слоя объединены в отдельную группу **Свойства материала**. Изменение этих свойств влияет только на текущий материал конструктивного слоя, а исходный материал в библиотеке материалов остаётся без изменений.

- В поле **Рекомендованные материалы** можно ввести маску поиска материалов в соответствии с альбомом типовых решений. Например, Вы можете ввести: 1:2–18. Это означает, что будут предложены материалы из первой группы альбома типовых решений под номерами со второго по восемнадцатый. Чтобы выбрать материал, нажмите кнопку **Выбрать** в появившемся поле **Материал из альбома типовых решений** и выберите нужный материал. Выбранный материал будет определён для выделенного слоя конструкции.



Замена материала с помощью альбома типовых решений

- Группа **Общие свойства** содержит набор параметров, характерных для конструктивных слоёв любого типа.

Свойства материала	
Рекомендованные материалы	
Общие свойства	
Полное название	Асфальтобетон горячей укладки высокопористый I марки из песчаной смеси марка битума БНД-60/90
Тип материала	Асфальтобетон
Минимальная толщина слоя, см	5,00
Максимальная толщина слоя, см	100,00
Модуль упругости E, МПа	2000,00
Плотность, кг/м³	2200,00
Коэффициент уплотнения	0,95
Сдвигоустойчивость	
Изгиб	
Отображение на чертеже	

Свойства материала конструктивного слоя

- В поле **Полное название** отображается название материала, определённое в библиотеке материалов в поле **Полное название**. Нажав кнопку и выбрав пункт **По умолчанию**, можно автоматически сформировать название материала, заданное в библиотеке в поле **Название в дереве**.
- В поле **Тип материала** отображается тип материала конструктивного слоя: **Общий материал**, **Монолитный материал**, **Асфальтобетон**, **Слабосвязный материал**, **Доп. слой основания**, **Монолитный цементобетон** или **Бетонные плиты для сборных покрытий**. Для материалов разных типов различается набор расчётных параметров по выбранным критериям.
- Для каждого материала задана минимальная и максимальная возможная толщина слоя в полях **Минимальная толщина слоя** и **Максимальная толщина слоя** соответственно. Эти величины, как правило, регламентируются нормативными документами (см. [9, гл. 7 «Дорожные одежды», раздел «Нежёсткие дорожные одежды»]). При оптимизации конструкции дорожной одежды по толщинам слоёв в параметрах поиска вариантов толщины в поле **Минимум** не может быть задано значение меньше минимальной толщины слоя, определённой для этого материала. Аналогично для значения максимальной толщины слоя в поле **Максимум**.
- В поле **Модуль упругости E** задаётся модуль упругости материала. По умолчанию в этом поле задано значение в соответствии с нормативными документами (например, ОДН 218.046–01, методические рекомендации по проектированию жёстких дорожных одежд и др.). Для слоёв, содержащих слабосвязный материал или материал дополнительного слоя основания, отображается вариант модуля упру-

гости в соответствии со значением расчётной относительной влажности грунта земляного полотна, заданного в свойствах проекта (► см. гл. 3 «Расчёт нежёстких дорожных одежд», подраздел «Задание расчётных параметров увлажнения грунта», с. 78).

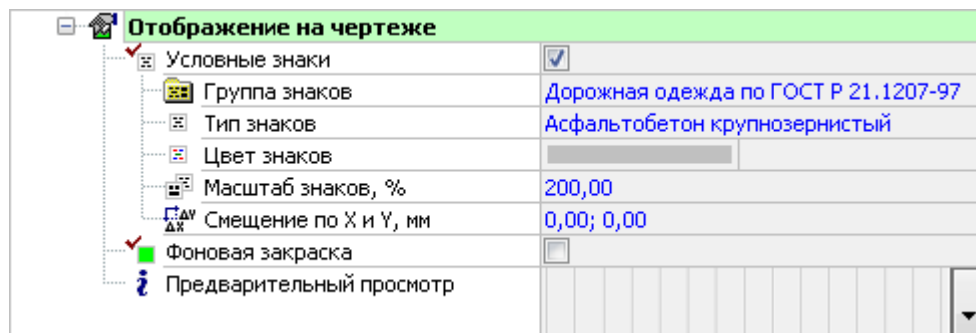
- Плотность материала задаётся в поле **Плотность**.
- Коэффициент уплотнения материала можно задать в поле **Коэффициент уплотнения**.
- Конструктивный слой жёсткой дорожной одежды имеет дополнительную группу параметров, определяющую физико-механические свойства материала. Параметры монолитного цементобетона объединены в группу **Параметры монолитного цементобетона** (► см. гл. 6 «Работа с библиотекой материалов», подраздел «Монолитный цементобетон», с. 185), бетонных плит – в группу **Параметры бетона сборных покрытий** (► см. гл. 6 «Работа с библиотекой материалов», подраздел «Бетонные плиты для сборных покрытий», с. 186).

Свойства материала	
Рекомендованные материалы	
Общие свойства	
Параметры монолитного цементобетона	
Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе	4,80
Тип твердения бетона	Естественного твердения
μ (коэффициент Пуассона)	0,20
α (коэффициент температурной деформации бетона)	1,00

Параметры монолитного цементобетона

- Для каждого критерия расчёта в свойствах материала добавляется отдельная группа параметров. Если конструкция рассчитывается на сдвигоустойчивость при динамической нагрузке, то для слабосвязных, монолитных материалов, материалов дополнительных слоёв основания и асфальтобетонов отображается группа расчётных параметров **Сдвигоустойчивость**. Если конструкция рассчитывается на сопротивление усталостному разрушению от растяжения при изгибе, то для монолитных материалов, асфальтобетонов, цементобетонов и плит сборных покрытий доступна группа расчётных параметров **Изгиб**. Если конструкция рассчитывается на сдвигоустойчивость при статической нагрузке, то для асфальтобетонов доступна группа расчётных параметров **Статическая нагрузка**. Если конструкция дорожной одежды рассчитывается на морозоустойчивость, то для материалов всех типов добавляется группа расчётных параметров **Морозоустойчивость**. Если рассчитывается дренарующий слой конструкции, то для дополнительных слоёв основания добавляется группа расчётных параметров **Расчёт на дренаж**.



- В группе **Отображение на чертеже** объединены параметры, влияющие на оформление конструктивного слоя в чертеже и области формирования конструкции дорожной одежды (► см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», подраздел «Оформление конструктивных слоёв и слоя земляного полотна», с. 190).



Параметры отображения конструктивного слоя на чертеже и в области формирования конструкции

Перемещение конструктивного слоя

Для перемещения конструктивного слоя в конструкции дорожной одежды предназначены специальные команды, расположенные в меню **Слой** и на панели инструментов. Также они находятся в контекстном меню, которое открывается щелчком правой кнопки мыши в области формирования конструкции дорожной одежды.

Чтобы переместить слой на позицию выше, выделите его в области формирования конструкции и нажмите на панели инструментов кнопку  **Переместить слой выше**. Аналогичным образом можно переместить слой на позицию ниже с помощью кнопки  **Переместить слой ниже**.




При перемещении слоя автоматически пересчитывается его поверхностный модуль упругости, а также поверхностный модуль упругости всех слоёв, лежащих выше.

Замечание

Перемещение слоёв в конструкции дорожной одежды влияет на результаты расчёта по таким критериям, как упругий прогиб, сдвигоустойчивость при динамической и статической нагрузках, сопротивление усталостному разрушению на растяжение при изгибе.

В случае жёстких дорожных одежд перемещение монолитного цементобетона может привести к смене алгоритма расчёта конструкции, например, при перемещении из слоя основания в слой покрытия.

Удаление конструктивного слоя

Чтобы удалить конструктивный слой, выделите его в области формирования конструкции дорожной одежды и нажмите кнопку  **Удалить слой** на панели инструментов или выполните команду меню **Слой** |  **Удалить**. Также выделенный слой можно удалить через контекстное меню, выполнив команду  **Удалить слой**.

Совет

Если Вы хотите временно не учитывать слой при расчётах, то не обязательно его удалять, достаточно установить опцию **Слой не входит в конструкцию дорожной одежды** для этого слоя в инспекторе объектов на закладке **Свойства слоя № (номер слоя)**.

Обратите внимание, что при исключении из конструкции дорожной одежды слоя цементобетона, формирующего покрытие или основание, или слоя покрытия, формируемого бетонными плитами, конструкция считается нежёсткой и к ней применяются только расчёты нежёстких дорожных одежд.

Работа с грунтом земляного полотна



В конструкции дорожной одежды грунт земляного полотна представлен в виде отдельного слоя, отображаемого жёлтым цветом.

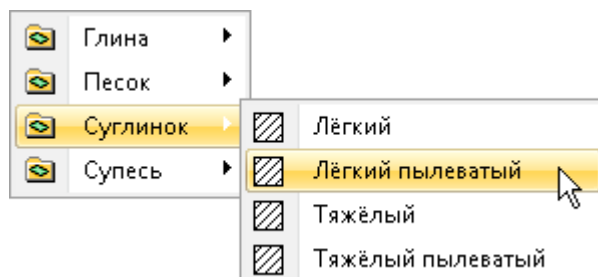
Конструкция	Материал	Толщина	Модуль
Проект конструкции дорожной одежды			
Вариант № 1			
Верхний слой покрытия	Асфальтоб... н горячей укладки	h = 5 см (5...15)	E _{пов} = 544 МПа
Средний слой покрытия	Асфальтоб... н горячей укладки	h = 8 см (5...15)	E _{пов} = 459 МПа
Нижний слой покрытия	Асфальтоб... н горячей укладки	h = 22 см (10...22)	E _{пов} = 352 МПа
Основание	Смеси щебеночно ... авийно-песча	h = 26 см (15...35)	E _{пов} = 122 МПа
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		E _{пов} = 46 МПа

Отображение грунта в области формирования конструкции дорожной одежды

Замена грунта земляного полотна

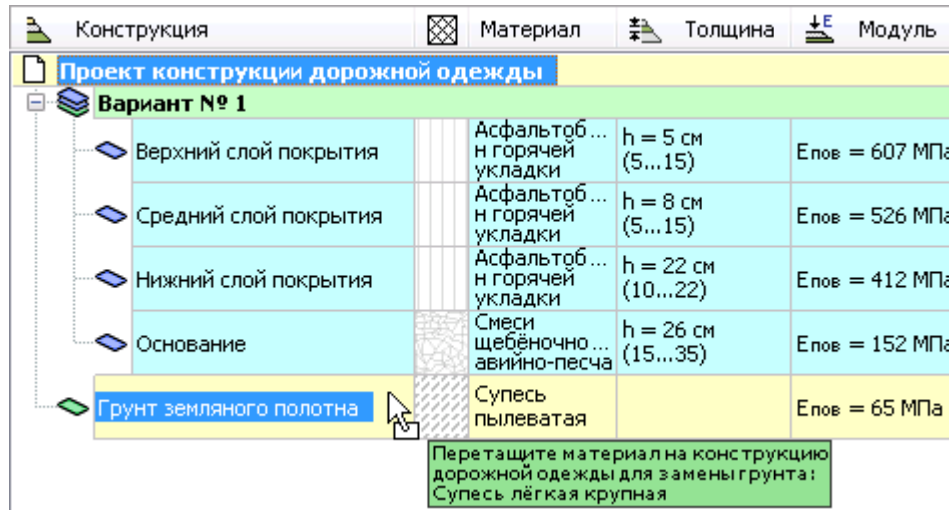
Замена грунта земляного полотна возможна несколькими способами:

- В меню **Проект** выберите пункт  **Заменить грунт** (или нажмите кнопку  **Заменить грунт** на панели инструментов) и в появившемся подменю укажите нужный тип грунта.



Замена грунта земляного полотна через меню

- Замените грунт через контекстное меню в области формирования конструкции дорожной одежды (аналогично замене через главное меню).
- Откройте в инспекторе объектов закладку **Материалы**. Все грунты объединены в группу **Материалы земляного полотна**. Нажмите на нужном материале кнопку мыши и «перетащите» в область формирования конструкции дорожной одежды.



Замена грунта земляного полотна с помощью закладки **Материалы**

Замечание

При замене грунта земляного полотна с помощью дерева материалов рядом с указателем мыши отображается специальная подсказка, содержащая вспомогательную информацию о выполняемых действиях. Подсказка поможет сориентироваться при замене материала грунта на начальном этапе освоения системы.

Редактирование параметров грунта земляного полотна

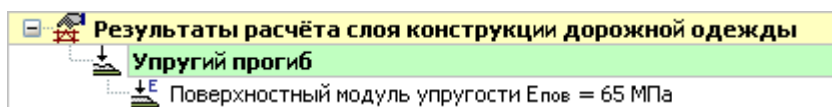
При выделении в области формирования конструкции дорожной одежды слоя земляного полотна его свойства отображаются в инспекторе объектов на закладке **Свойства грунта**.

- В группе **Параметры грунта земляного полотна** в поле **Название** отображается название слоя в конструкции дорожной одежды.



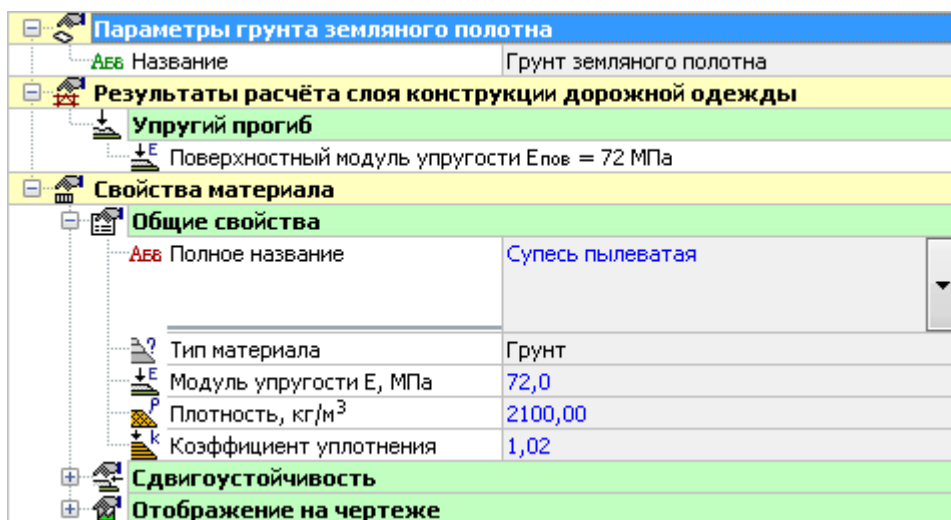
Параметры грунта земляного полотна

- Для каждого конструктивного слоя нежёсткой дорожной одежды в системе IndorPavement производится расчёт на упругий прогиб в зависимости от всех нижележащих слоёв конструкции. Грунт земляного полотна не имеет нижележащих слоёв, поэтому для него поверхностный модуль упругости берётся как модуль упругости материала. Информация о поверхностном модуле упругости отображается в группе **Результаты расчёта слоя конструкции дорожной одежды** в поле **Поверхностный модуль упругости $E_{\text{пов}}$** .




Информация о расчёте слоя грунта земляного полотна на прочность по критерию упругого прогиба

- Параметры материала грунта объединены в группу **Свойства материала**. Изменение этих параметров влияет только на текущий грунт в конструкции дорожной одежды, а исходный грунт в библиотеке материалов остаётся без изменений. Группа **Общие свойства** содержит набор параметров, характерных для любых грунтов.

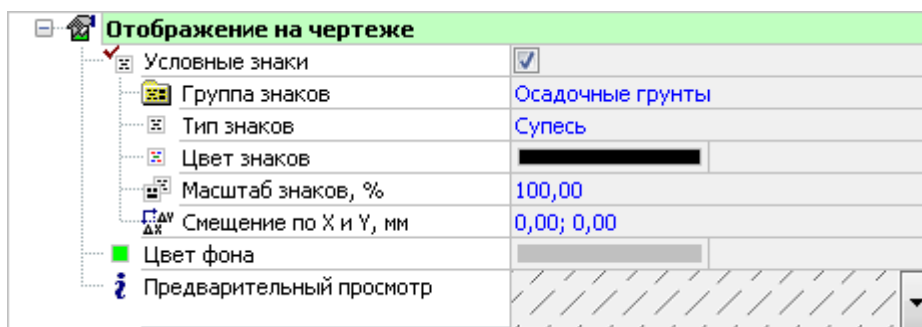


Свойства материала грунта земляного полотна

- В поле **Полное название** отображается название материала грунта, определённое в библиотеке материалов в поле **Полное название**. Нажав кнопку  и выбрав пункт **По умолчанию**, можно автоматически сформировать название материала, заданное в библиотеке в поле **Название в дереве**.
- В поле **Тип материала** указывается тип материала грунта: **Грунт**, **Песок**, **Супесь**, **Суглинок** или **Глина**.
- Одним из основных параметров механических свойств грунта земляного полотна, используемых в расчётах дорожной одежды на прочность, служит модуль упругости грунта, который задаётся в поле **Модуль упругости E**. Вариант модуля упругости материала из библиотеки определяется в соответствии со значением расчётной относительной влажности грунта земляного полотна, заданного в свойствах проекта (► см. гл. 3 «Расчёт нежёстких дорожных одежд», подраздел «Задание расчётных параметров увлажнения грунта», с. 78).
- Плотность грунта является важным физико-механическим свойством, влияющим на строительные свойства. Плотность задаётся в поле **Плотность** в единицах кг/м^3 .
- Коэффициент уплотнения материала можно задать в поле **Коэффициент уплотнения**.

Если конструкция дорожной одежды рассчитывается на сдвигоустойчивость под действием кратковременных или длительных нагрузок, то отображается группа расчётных параметров **Сдвигоустойчивость**. Если конструкция дорожной одежды рассчитывается на морозоустойчивость, то добавляется группа расчётных параметров **Морозоустойчивость**. Если рассчитывается дренирующий слой, то добавляется дополнительная группа параметров **Расчёт на дренаж**.

В группе **Отображение на чертеже** объединены параметры, влияющие на оформление слоя грунта в чертеже и области формирования конструкции дорожной одежды (► см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», подраздел «Оформление конструктивных слоёв и слоя земляного полотна», с. 190).

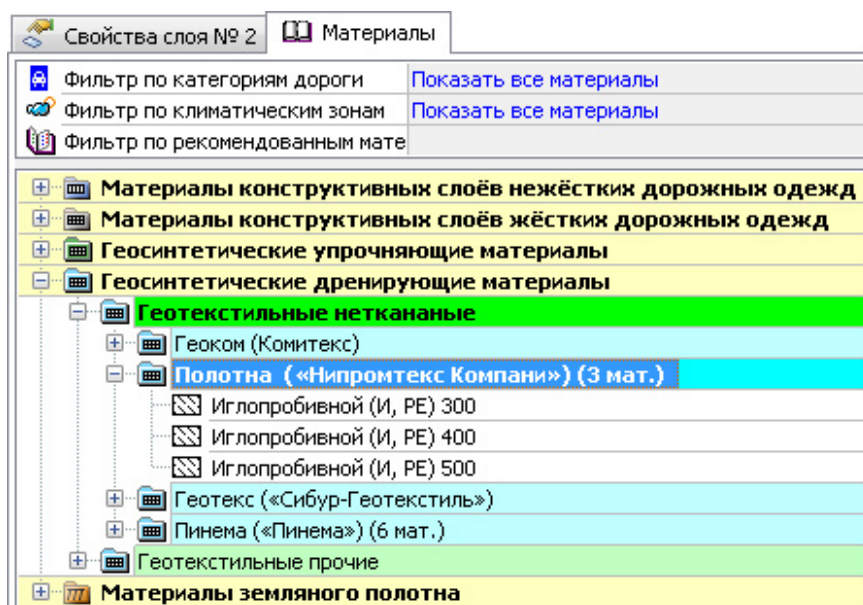


Параметры отображения грунта на чертеже и в области формирования конструкции дорожной одежды

Работа с геосинтетическими материалами

В дорожном строительстве геосинтетические материалы применяются для усиления оснований дорожных насыпей, армирования асфальтобетонных покрытий, разделения конструктивных слоёв, в качестве элементов дренажных конструкций, а также для устройства откосов повышенной крутизны.

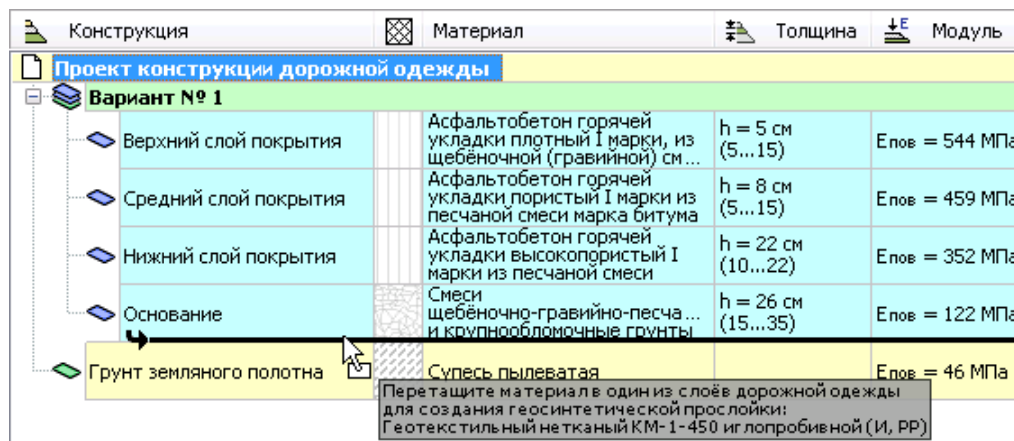
Система IndorPavement позволяет добавлять в конструкцию дорожной одежды упрочняющие и дренирующие геосинтетические материалы. Они объединены в инспекторе объектов на закладке **Материалы** в две группы: **Геосинтетические упрочняющие материалы** и **Геосинтетические дренирующие материалы**.



Геосинтетические материалы в инспекторе объектов

Добавление геосинтетического материала

Чтобы добавить геосинтетический материал в конструкцию дорожной одежды, нажмите кнопку мыши на нужном материале на закладке **Материалы** и «перетащите» его в область формирования конструкции дорожной одежды в тот конструктивный слой, который будет подстилать геосинтетический материал.



Добавление геосинтетического материала в конструкцию дорожной одежды

После добавления геосинтетический материал отображается «встроенным» в конструктивный слой и имеет серый цвет.

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль
Проект конструкции дорожной одежды			
Вариант № 1			
Верхний слой покрытия	Асфальтобетон горячей укладки плотный I марки, из щебеночной (гравийной) см...	h = 5 см (5...15)	E _{пов} = 544 МПа
Средний слой покрытия	Асфальтобетон горячей укладки пористый I марки из песчаной смеси марка битума	h = 8 см (5...15)	E _{пов} = 459 МПа
Нижний слой покрытия	Асфальтобетон горячей укладки высокопористый I марки из песчаной смеси	h = 22 см (10...22)	E _{пов} = 352 МПа
Основание	Смеси щебеночно-гравийно-песча... и крупнообломочные грунты	h = 26 см (15...35)	E _{пов} = 122 МПа
Грунт земляного полотна	Геотекстильный нетканый КМ-1-450 иглопробивной (И, РР)		
	Супесь пылеватая		E _{пов} = 46 МПа

Конструкция дорожной одежды с геосинтетическим материалом

Замечание

При добавлении геосинтетических материалов с помощью дерева материалов рядом с указателем мыши отображается специальная подсказка, содержащая вспомогательную информацию о выполняемых действиях. Подсказка поможет сориентироваться при добавлении материалов на начальном этапе освоения системы.

Редактирование параметров геосинтетического материала

Параметры геосинтетической прослойки обозначены в виде отдельной группы того конструктивного слоя, в который добавлен геосинтетический материал. Чтобы отобразить их, выделите конструктивный слой (в инспекторе объектов станет доступна закладка **Свойства слоя № (номер слоя)**), в свойствах конструктивного слоя найдите группу **Свойства геосинтетической прослойки** и раскройте её параметры. Рассмотрим их подробно.

- В группе **Общие свойства** объединены параметры, относящиеся к геосинтетическому материалу в целом.
 - В поле **Название в дереве** отображается название геосинтетического материала в последней ветви дерева библиотеки материалов.

Общие свойства	
Название в дереве	КМ-1-450 (И, РР)
Полное название	Геотекстильный нетканый КМ-1-450 иглопробивной (И, РР)
Тип материала	Упрочняющий материал

Общие свойства геосинтетического материала


- В поле **Полное название** отображается название геосинтетического материала, определённое в библиотеке материалов в поле **Полное название**. Нажав кнопку и выбрав пункт **По умолчанию**, можно автоматически сформировать название материала, заданное в библиотеке в поле **Название в дереве**.
 - В поле **Тип материала** указывается тип геосинтетики: **Упрочняющий материал** или **Дренажный материал**. Тип материала соответствует группе, к которой относится геосинтетический материал.
- Для материалов из группы **Геосинтетические упрочняющие материалы** доступна группа параметров **Защитно-армирующие свойства**. В этой группе можно задать свойства, влияющие на прочностные характеристики геосинтетического материала.
 - В поле **Сырьё** можно выбрать из списка тип синтетического материала: **Полиамид**, **Полипропилен** или **Полиэфир**.
 - Величина прочности при растяжении (разрывная нагрузка) задаётся в поле **Прочность при растяжении**.

- Условный модуль деформации задаётся в поле **Условный модуль деформации**.

Защитно-армирующие свойства	
Сырьё	Полипропилен
Прочность при растяжении, кН/м	19,60
Условный модуль деформации, кН/м	92,50



Защитно-армирующие свойства геосинтетического материала







- В группе **Отображение на чертеже** объединены параметры, влияющие на оформление геосинтетического материала в чертеже и области формирования конструкции дорожной одежды (► см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», подраздел «Оформление геосинтетических материалов», с. 191).

Отображение на чертеже	
Рисовать линию	<input checked="" type="checkbox"/>
Топографическая линия	<input checked="" type="checkbox"/>
Группа знаков	Линии строительного чертежа
Тип знаков	Сплошная волнистая
Цвет линии	
Масштаб знаков, %	100,00
Обратная отрисовка	<input checked="" type="checkbox"/>
Рисовать отрезками	<input checked="" type="checkbox"/>
Предварительный просмотр	

Параметры отображения геосинтетического материала на чертеже и в области формирования конструкции

Перемещение геосинтетического материала


Если в один конструктивный слой добавляется несколько геосинтетических материалов, то они располагаются в виде прослоек в порядке добавления их в конструкцию. Чтобы переместить геосинтетическую прослойку в слое на позицию вверх, в инспекторе объектов на закладке **Свойства слоя № (номер слоя)** нажмите кнопку , расположенную рядом с названием группы геосинтетического материала. Для перемещения прослойки на позицию вниз воспользуйтесь кнопкой .

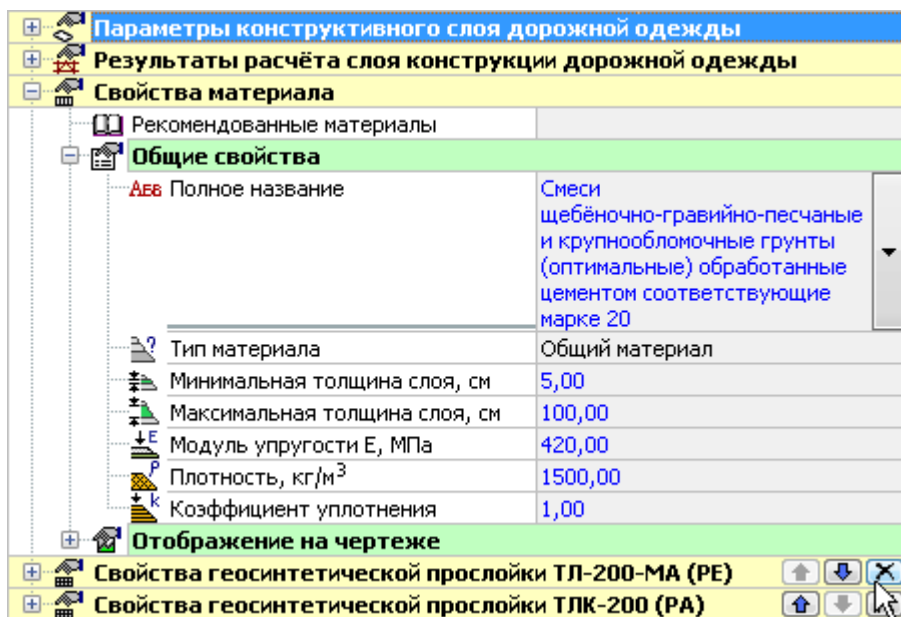
Параметры конструктивного слоя дорожной одежды	
Результаты расчёта слоя конструкции дорожной одежды	
Свойства материала	
Рекомендованные материалы	
Общие свойства	
Авб Полное название	Смеси щебёночно-гравийно-песчаные и крупнообломочные грунты (оптимальные) обработанные цементом соответствующие марке 20
Тип материала	Общий материал
Минимальная толщина слоя, см	5,00
Максимальная толщина слоя, см	100,00
Модуль упругости E, МПа	420,00
Плотность, кг/м ³	1500,00
Коэффициент уплотнения	1,00
Отображение на чертеже	
Свойства геосинтетической прослойки ТЛ-200-МА (РЕ)	  
Свойства геосинтетической прослойки ТЛК-200 (РА)	  

Перемещение геосинтетической прослойки на позицию вверх

Геосинтетические материалы можно перемещать только внутри слоя, в который они добавлены. В другой конструктивный слой геосинтетический материал переместить нельзя.

Удаление геосинтетического материала

Чтобы удалить геосинтетическую прослойку конструктивного слоя, нажмите в инспекторе объектов кнопку , расположенную рядом с названием группы геосинтетического материала.



Удаление геосинтетической прослойки из конструктивного слоя

Глава

3

Расчёт нежёстких дорожных одежд

В этой главе:

Визуальный анализ расчёта

Ввод исходных данных

Расчёт на упругий прогиб

Расчёт на сдвигоустойчивость

Расчёт на сопротивление при изгибе

Расчёт на статическую нагрузку

Расчёт на морозоустойчивость

Расчёт дренарующего слоя

Расчёт нежёстких дорожных одежд

Для обеспечения необходимых прочностных характеристик дорожной одежды производят расчёт конструкции по таким критериям, как упругий прогиб, сдвигоустойчивость подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоёв при воздействии динамической и статической нагрузок, сопротивление монолитных слоёв усталостному разрушению на растяжение при изгибе. Помимо этого может быть произведён расчёт дренарующего и морозозащитного слоёв или расчёт конструкции на морозоустойчивость в целом.

В этой главе рассматривается визуальный анализ результатов расчётов, получаемых в процессе проектирования конструкции дорожной одежды, ввод исходных данных проекта, а также подробно описывается проведение расчётов конструкции дорожной одежды по всем доступным критериям и влияние геосинтетических материалов на расчётные параметры.

Визуальный анализ расчёта

В области формирования конструкции информация о дорожной одежде представлена в табличном виде. Строками являются слои дорожной одежды, а столбцы содержат краткую информацию о параметрах слоя (материал, толщина, модуль упругости) и результатах расчёта по выбранным критериям.


Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Сдвиг	Изгиб
Проект конструкции дорожной одежды						
Вариант № 1						
Верхний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 5 см (5...15)	Е _{пов} = 544 МПа	Е _{упр} = 320 ... Запас = 28%	Е _{сдв} = 1800 МПа	Е _{изг} = 4500 МПа
Средний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 8 см (5...15)	Е _{пов} = 459 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа	Е _{сдв} = 1200 МПа	Е _{изг} = 2800 МПа
Нижний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 22 см (10...22)	Е _{пов} = 352 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа	Е _{сдв} = 1200 МПа	Е _{изг} = 2100 МПа Запас = 24%
Основание	Смеси щебёноч... равнино-...	h = 26 см (15...35)	Е _{пов} = 122 МПа	Е _{упр} = 420 МПа	Е _{сдв} = 420 МПа	Е _{изг} = 420 МПа
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		Е _{пов} = 46 МПа	Е _{упр} = 46 МПа	Е _{сдв} = 46 ... Запас = 51%	Е _{изг} = 46 МПа


Информация о дорожной одежде в области формирования конструкции

Замечание


В процессе проектирования при изменении исходных данных, конструкции дорожной одежды или параметров слоёв, составляющих её, все расчётные характеристики в проекте автоматически пересчитываются, что можно наблюдать в области формирования конструкции дорожной одежды и в инспекторе объектов. Таким образом, Вы всегда имеете актуальные данные и можете в любой момент визуально оценить конструкцию.


Рассмотрим подробно каждый столбец.


 **Конструкция.** В этом столбце отображается название слоя конструкции, которое задаётся в свойствах слоя в поле **Название**.


 . В этом столбце схематично показано отображение материала условными знаками, которое заранее определено для каждого материала в библиотеке. Изменить параметры оформления материала можно на закладке **Свойства слоя № (номер слоя)** в группе параметров **Отображение на чертеже** (► см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», раздел «Настройка отображения слоёв на чертеже», с. 189).


Материал. В этом столбце отображается название материала, определённое для него в библиотеке материалов в поле **Полное название**.


 **Толщина.** Для каждого материала в системе заранее определена толщина слоя. Толщину слоя текущей конструкции дорожной одежды можно изменить на закладке **Свойства слоя** в поле **Толщина**.



 **Модуль.** В этом столбце отображается расчётное значение поверхностного модуля упругости, которое рассчитывается для каждого слоя с учётом всех нижележащих слоёв конструкции и параметров проекта. Для слоя грунта поверхностный модуль упругости принимается равным модулю упругости самого материала.


 **Прогиб.** В столбце отображается значение модуля упругости материала при расчёте на упругий прогиб. Для верхнего слоя конструкции нежёсткой дорожной одежды отображается запас прочности, иллюстрирующий результат этого расчёта в процентном соотношении (► см. раздел «Расчёт на упругий прогиб», с. 79).

 **Сдвиг.** В этом столбце отображается значение модуля упругости материала (для монолитных материалов и асфальтобетонов отображается модуль упругости материала при расчёте на сдвигоустойчивость, учитывая динамическую нагрузку). Для слабосвязных слоёв основания (если в свойствах слоя установлена опция **Проверить на сдвиг**) и грунтов отображается запас прочности, иллюстрирующий результат этого расчёта в процентном соотношении (► см. раздел «Расчёт на сдвигоустойчивость», с. 82).

 **Изгиб.** В этом столбце отображается значение модуля упругости материала (для монолитных материалов и асфальтобетонов отображается модуль упругости материала при расчёте на сопротивление усталостному разрушению от растяжения при изгибе). Для нижнего слоя в пакете монолитных слоёв покрытия отображается запас прочности, иллюстрирующий результат этого расчёта в процентном соотношении (► см. раздел «Расчёт на сопротивление при изгибе», с. 86).

 **Стат. нагрузка.** В этом столбце отображается значение модуля упругости материала (для асфальтобетонов отображается модуль упругости материала при расчёте на сдвигоустойчивость, учитывая статическую нагрузку). Для слабосвязных слоёв основания (если в свойствах слоя установлена опция **Проверить на сдвиг**) и грунтов отображается запас прочности, иллюстрирующий результат этого расчёта в процентном соотношении (► см. раздел «Расчёт на статическую нагрузку», с. 90).

 **Мороз.** При расчёте конструкции дорожной одежды на морозоустойчивость по общему алгоритму в столбце  **Мороз** отображается ожидаемое пучение грунта земляного полотна $I_{\text{пуч}}$ и запас морозоустойчивости грунта в сантиметрах. Если конструкция дорожной одежды рассчитывается на морозоустойчивость с учётом морозозащитного слоя, то в этом столбце отображается минимально допустимая толщина морозозащитного слоя h_{min} и расчётная величина запаса морозозащитного слоя в сантиметрах (► см. раздел «Расчёт на морозоустойчивость», с. 93).

 **Дренаж.** Для дренирующего слоя конструкции в этом столбце отображается минимально допустимая толщина слоя h_{min} , а также расчётная величина запаса дренирующего слоя в сантиметрах (► см. раздел «Расчёт дренирующего слоя», с. 100).



Помимо числовых значений расчётных параметров, в области формирования конструкции отображаются подсказки в виде значков. Значки, выделенные зелёным цветом, обозначают, что конструкция дорожной одежды удовлетворяет выбранным критериям расчёта. Красные значки информируют о том, что конструкция не удовлетворяет критериям расчёта и нужно

изменить материалы, положение или толщины слоёв или изменить параметры проекта.

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Сдвиг	Изгиб
Проект конструкции дорожной одежды						
Вариант № 1						
Верхний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 5 см (5...15)	Е _{пов} = 418 МПа	Е _{упр} = 320... Запас = -1%	Е _{сдв} = 1800 МПа	Е _{изг} = 4500 МПа
Средний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 8 см (5...15)	Е _{пов} = 345 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа	Е _{сдв} = 1200 МПа	Е _{изг} = 2800 МПа
Нижний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 14 см (10...22)	Е _{пов} = 254 МПа	Подсказки		
Основание	Смеси щебёноч... равино...	h = 26 см (15...35)	Е _{пов} = 122 МПа	Е _{упр} = 420 МПа	Е _{сдв} = 420 МПа	Е _{изг} = 420 МПа
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		Е _{пов} = 46 МПа	Е _{упр} = 46 МПа	Е _{сдв} = 46 ... Запас = 4%	Е _{изг} = 46 МПа

Отображение подсказок в области формирования конструкции

Рассмотрим подробно варианты отображения подсказок.

Прогиб. Если запас прочности верхнего слоя конструкции нежёсткой дорожной одежды в процентном соотношении больше нуля, то в поле отображается значок , в противном случае – значок .



Замечание



При расчёте конструкции дорожной одежды на прочность по любым критериям рассчитывается запас прочности в процентном соотношении. Представим его в виде обобщённой формулы:



$$\text{Запас} = \frac{K_{\text{расч}} * -K_{\text{тр}} *}{K_{\text{тр}} *} \cdot 100 \%,$$

где $K_{\text{расч}}^*$ – расчётный коэффициент прочности конструкции дорожной одежды по заданному критерию расчёта;

$K_{\text{тр}}^*$ – требуемый коэффициент прочности конструкции дорожной одежды по заданному критерию расчёта.

Сдвиг. Если запас прочности в процентном соотношении слабосвязных слоёв основания или грунта земляного полотна при динамической нагрузке больше нуля, то в поле отображается значок , в противном случае – значок .

Изгиб. Если запас прочности в процентном соотношении нижнего слоя в пакете монолитных слоёв больше нуля, то в поле отображается значок , в противном случае – значок .

Стат. нагрузка. Если запас прочности в процентном соотношении слабосвязных слоёв основания или грунта земляного полотна при статической нагрузке больше нуля, то в поле отображается значок , в противном случае – значок .

❄ **Мороз.** Если при расчёте конструкции на морозоустойчивость по общему алгоритму ожидаемое пучение грунта не превышает допустимое значение, то в поле отображается значок ❄, в противном случае – значок ❄❄. Если при расчёте конструкции на морозоустойчивость с учётом морозозащитного слоя текущая толщина морозозащитного слоя не меньше минимально допустимой толщины, то в поле отображается значок ❄, в противном случае – значок ❄❄.

🔧 **Дренаж.** Если расчётная толщина запаса дренирующего слоя больше нуля, то отображается значок 🟢, в противном случае – значок ❌.

Сводка о результатах расчёта по всем заданным критериям отображается в инспекторе объектов на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)**. Чтобы её отобразить, щёлкните мышью в строке **Вариант № (номер варианта)** в области формирования конструкции дорожной одежды. Если конструкция не удовлетворяет какому-либо критерию расчёта, то результаты (например, **Запас прочности**) выделяются красным цветом.

+	Общие параметры варианта конструкции дорожной одежды
+	Результаты расчёта варианта конструкции дорожной одежды
	Общая цена варианта = 2 205,00 у.е.
+	Результаты расчёта на упругий прогиб
	Поверхностный модуль упругости $E_{пов} = 418$ МПа
	Требуемый модуль упругости $E_{тр} = 326$ МПа
	Расчётный коэффициент прочности $K_{расч} = 1,283$
	Требуемый коэффициент прочности $K_{тр} = 1,300$
	Запас прочности $(K_{расч} - K_{тр}) / K_{тр} * 100\% = -1\%$
+	Результаты расчёта на сдвигоустойчивость
+	Грунт земляного полотна
+	Статическая нагрузка
	Расчётное активное напряжение сдвига $T = 0,011$ МПа
	Предельное активное напряжение сдвига $T_{пр} = 0,011$ МПа
	Расчётный коэффициент прочности $K_{расч} = 1,038$
	Требуемый коэффициент прочности $K_{тр} = 1,000$
	Запас прочности $(K_{расч} - K_{тр}) / K_{тр} * 100\% = 4\%$
+	Результаты расчёта на сопротивление при изгибе

Результаты расчёта в инспекторе объектов

Ввод исходных данных

Одной из важных задач при проектировании конструкции дорожной одежды является ввод исходных данных о проекте дорожной одежды, районе проектирования и планируемом воздействии на дорожную одежду. От этих параметров напрямую зависит и подбор материалов слоёв дорожной одежды, и их толщины, и расположение. Задать параметры проекта можно в инспекторе объектов на закладке **Свойства проекта**. Чтобы отобразить их, щёлкните мышью в поле **Проект конструкции дорожной одежды** в области формирования конструкции дорожной одежды.

Задание общих параметров





Проект конструкции дорожной одежды имеет ряд параметров, относящихся ко всему проекту. Они объединены в группу **Общие параметры проекта** на закладке **Свойства проекта**. Рассмотрим их подробно.

- Название объекта, для которого рассчитывается конструкция дорожной одежды, задаётся в поле **Название объекта**.

Общие параметры проекта	
Название объекта	Автомобильная дорога
Район проектирования	Московская область
Единица стоимости конструкции	
Критерии расчёта	
Расчёт на сдвигоустойчивость	<input checked="" type="checkbox"/>
Расчёт на сопротивление при изгибе	<input checked="" type="checkbox"/>
Расчёт на статическую нагрузку	<input type="checkbox"/>
Расчёт на морозоустойчивость	<input type="checkbox"/>
Расчёт дренарующего слоя	<input type="checkbox"/>
Параметры расчёта	
Расчёт с учётом геосинтетики	<input type="checkbox"/>

Общие параметры проекта в инспекторе объектов

- В поле **Район проектирования** задаётся район, в котором располагается объект проектирования.
- В поле **Единица стоимости конструкции** можно выбрать из списка условные единицы (у. е., руб., руб./см, руб./см², руб./см³), в которых будет производиться расчёт стоимости конструкции.
- Для расчёта конструкции дорожной одежды на сдвигоустойчивость в слабосвязных слоях основания и грунтах при динамической нагрузке установите опцию **Расчёт на сдвигоустойчивость**. Также можно воспользоваться кнопкой **Расчёт на сдвигоустойчивость** на панели инструментов или аналогичной командой в меню **Проект** главного меню.
- Чтобы применить алгоритм расчёта конструкции дорожной одежды на сопротивление усталостному разрушению от растяжения при изгибе, установите опцию **Расчёт на сопротивление при изгибе**. Также можно воспользоваться кнопкой **Расчёт на сопротивление при изгибе** на панели инструментов или аналогичной командой в меню **Проект** главного меню.
- Для расчёта конструкции дорожной одежды на сдвигоустойчивость при статической нагрузке установите опцию **Расчёт на статическую нагрузку**. Также можно воспользоваться кнопкой **Расчёт на статическую нагрузку** на панели инструментов или аналогичной командой в меню **Проект** главного меню.

- Чтобы применить один из алгоритмов расчёта конструкции дорожной одежды на морозоустойчивость, установите опцию **Расчёт на морозоустойчивость**. Также можно воспользоваться кнопкой  **Расчёт на морозоустойчивость** на панели инструментов или аналогичной командой в меню **Проект** главного меню.
- Для расчёта дренарующего слоя дорожной одежды установите опцию **Расчёт дренарующего слоя**. Также можно воспользоваться кнопкой  **Расчёт дренарующего слоя** на панели инструментов или аналогичной командой в меню **Проект** главного меню.
- Если конструкция дорожной одежды содержит геосинтетические материалы, то для учёта прочностных или дренарующих характеристик при расчёте конструкции по заданным критериям включите опцию **Расчёт с учётом геосинтетики**. Также можно воспользоваться кнопкой  **Расчёт с учётом геосинтетики** на панели инструментов или выполнить команду меню **Проект** |  **Учитывать геосинтетику**.











Замечание

В системе IndorPavement расчёт нежёсткой конструкции дорожной одежды на упругий прогиб при задании параметров проекта производится автоматически и не зависит от других установленных критериев расчёта (► см. раздел «Расчёт на упругий прогиб», с. 79).

Задание параметров района проектирования

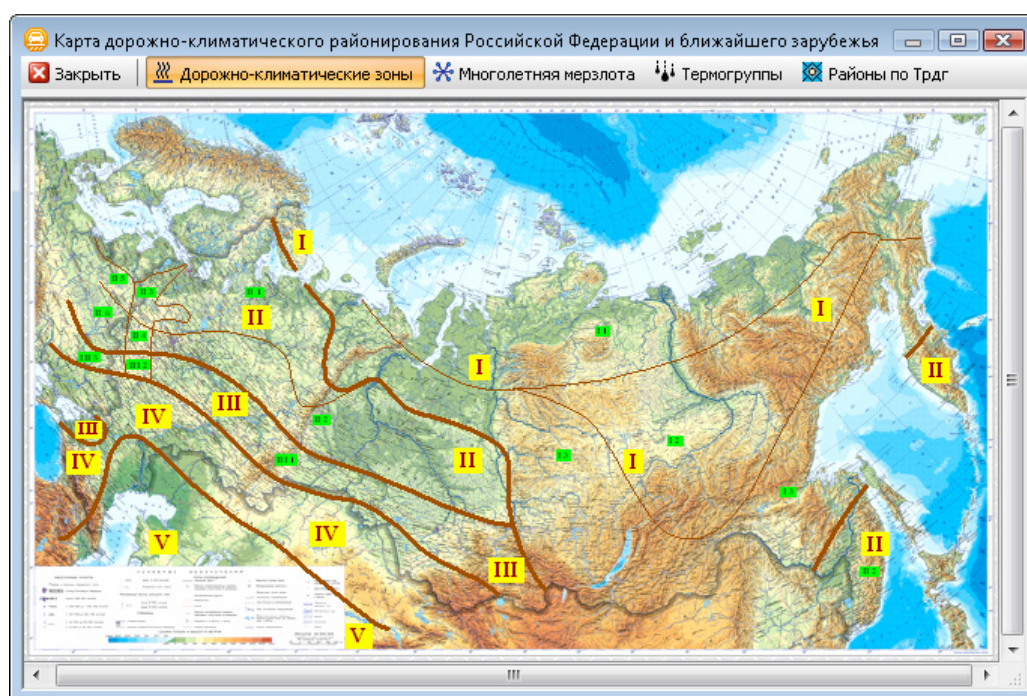
Параметры района проектирования отражают перспективное ожидание от проектируемой конструкции дорожной одежды (например, параметр категории дороги) и объединены в группу **Параметры района проектирования** на закладке **Свойства проекта**. Рассмотрим их подробно.

- Техническую категорию дороги, определяющую качество дороги в целом, задают в поле **Техническая категория дороги**. В соответствии со стандартной классификацией она может быть I, II, III, IV или V.

Параметры района проектирования	
 Техническая категория дороги	II категория
 Тип дорожной одежды	Капитальный
 Дорожно-климатическая зона	II - подзона 6 Карта...
 Схема увлажнения	Схема 1 (атмосферные осадки)
 Расчётный срок службы Тсл, лет	20
 Ширина проезжей части	7,50
 Заданная надёжность Кп	0,95
 Требуемый Кпр (упругий прогиб)	1,30
 Требуемый Кпр (сдвиг, изгиб)	1,00
 Нормативное отклонение прочности t	1,71

Параметры района проектирования в инспекторе объектов

- В поле **Тип дорожной одежды** задаётся тип покрытия дорожной одежды: **Капитальный**, **Облегчённый** или **Переходный**. Для дорог I категории тип дорожной одежды всегда является капитальным и это поле недоступно. В соответствии с ОДН 218.046–01 от выбранного типа дорожной одежды напрямую зависит тип используемых материалов покрытия. Например, для дорог I категории рекомендуется использовать в качестве покрытия горячие асфальтобетонные смеси.
- Климатическую зону и подзону можно выбрать в поле **Дорожно-климатическая зона**. Расположение дорожно-климатических зон определено климатическими характеристиками и отображено на карте, которую можно просмотреть, нажав кнопку **Карта...**



Расположение изолиний дорожно-климатических зон

В окне просмотра карты можно отображать различную информацию о расположении дорожно-климатических зон (кнопка **Дорожно-климатические зоны**), изолиний термосопротивления грунта (кнопка **Термогруппы**), районов многолетней мерзлоты (кнопка **Многолетняя мерзлота**) и районов по числу расчётных дней в году (кнопка **Районы по Т_{рдг}**). Чтобы отобразить или скрыть характеристики района на карте, нажмите соответствующую кнопку. При необходимости можно включить сразу несколько кнопок.

- В поле **Схема увлажнения** можно указать преобладающий тип увлажнения (в соответствии с ОДН 218.046–01): **Схема 1 (атмосферные осадки)**, **Схема 2 (поверхностные воды)** или **Схема 3 (грунтовые воды)**.

- Расчётный срок службы задаётся в годах в поле **Расчётный срок службы $T_{сл}$** .
- Ширина проезжей части в метрах задаётся в поле **Ширина проезжей части**.
- Дорожную одежду проектируют с требуемым уровнем надёжности, под которым понимают вероятность безотказной работы в течение межремонтного периода. Величину заданной надёжности K_n (обеспеченность по прочности) задают в поле **Заданная надёжность K_n** . Она может принимать значения от 0,7 до 0,98. В соответствии с уровнем заданной надёжности рассчитываются следующие коэффициенты:
 - Требуемый коэффициент прочности по упругому прогибу (поле **Требуемый $K_{пр}$ (упругий прогиб)**). Он зависит не только от требуемого уровня заданной надёжности, но и от категории дороги, типа её покрытия. Чтобы конструкция дорожной одежды удовлетворяла критерию прочности при расчёте на упругий прогиб, расчётный коэффициент прочности $K_{расч}$ должен быть больше требуемого коэффициента прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба $K_{пр}$ или равен ему:

$$K_{расч} \geq K_{пр}.$$

Для наглядности $K_{расч}$ можно представить следующим соотношением:

$$K_{расч} = \frac{E_{общ}}{E_{min}} \geq K_{пр},$$

где $E_{общ}$ – общий расчётный модуль упругости конструкции, МПа;

E_{min} – минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции, МПа.

- Требуемый коэффициент прочности при сдвиге и растяжении при изгибе (поле **Требуемый $K_{пр}$ (сдвиг, изгиб)**). Чтобы конструкция удовлетворяла критерию прочности при расчёте на сдвигоустойчивость, расчётный коэффициент прочности $K_{расч}$ должен быть больше требуемого коэффициента прочности дорожной одежды по критерию сдвигоустойчивости $K_{пр}$ или равен ему:

$$K_{расч} \geq K_{пр}.$$

Для наглядности $K_{\text{расч}}$ можно представить следующим соотношением:

$$K_{\text{расч}} = \frac{T_{\text{пр}}}{T_{\text{ак}}} \geq K_{\text{пр}},$$

где $T_{\text{пр}}$ – предельная величина активного напряжения сдвига (в наиболее опасной точке конструкции), превышение которой вызывает нарушение прочности сдвига, МПа;

$T_{\text{ак}}$ – расчётное активное напряжение сдвига (часть сдвигающего напряжения, непогашенного внутренним трением) в наиболее опасной точке конструкции от действующей временной нагрузки, МПа.

Чтобы конструкция удовлетворяла критерию расчёта на изгиб, коэффициент $K_{\text{расч}}$ должен быть больше или равен $K_{\text{пр}}$. Аналогично предыдущей формуле представим это соотношение в виде:

$$K_{\text{расч}} = \frac{R_N}{\sigma_r} \geq K_{\text{пр}},$$

где R_N – прочность материала слоя на растяжение при изгибе с учётом усталостных явлений, МПа;

σ_r – наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое, устанавливаемое расчётом, МПа.

- Коэффициент нормативного отклонения значения прочностной характеристики при допустимом уровне надёжности, используемый при расчёте на изгиб (поле **Нормативное отклонение прочности t**).

Задание расчётных параметров нагрузки

Напряжения в конструктивных слоях и подстилающем грунте от воздействия транспортной нагрузки рассчитываются по формулам теории упругости. Расчётные параметры подвижной нагрузки объединены в группу **Расчётная нагрузка** на закладке **Свойства проекта**.




- При установке опции **Двухбаллонное колесо** считается, что превалирующее число автомобилей имеет двухбаллонные колёса.

Расчётная нагрузка	
<input checked="" type="checkbox"/> Двухбаллонное колесо	<input checked="" type="checkbox"/>
Давление колеса на дорогу	Группа расчётной нагрузки № 1
Давление в шине p, МПа	0,60
Диаметр отпечатка шины D (дин.), см	37,00
Диаметр отпечатка шины D (стат.), см	33,00
Статическая нагрузка на ось, кН	100,00
Статическая нагрузка от колеса на поверхность	50,00
Число приложений расчётной нагрузки ΣNp	Явное задание
Значение ΣNp	4000000

Расчётные параметры нагрузки

- В поле **Давление колеса на дорогу** можно выбрать одну из трёх групп расчётной нагрузки (в соответствии с ОДН 218.046–01), при этом нижеследующие параметры примут значения, соответствующие этой группе. Выбор пункта **Явное задание** даёт возможность вручную редактировать следующие параметры:
 - равномерно распределённую нагрузку штампа колеса (задаётся в поле **Давление в шине p**);
 - диаметр D гибкого штампа, принимаемый в качестве расчётной схемы нагружения конструкции колесом движущегося автомобиля (задаётся в поле **Диаметр отпечатка шины D (дин.)**);
 - диаметр D гибкого штампа, принимаемый в качестве расчётной схемы нагружения конструкции колесом неподвижного автомобиля (задаётся в поле **Диаметр отпечатка шины D (стат.)**);
 - расчётную величину нагрузки, передаваемую колесом на поверхность покрытия (задаётся в поле **Статическая нагрузка на ось**);
 - статическую нагрузку Q , используемую при расчёте дорожных одежд жёсткого типа (задаётся в поле **Статическая нагрузка от колеса на поверхность**).
- В качестве характеристики, отражающей интенсивность воздействия подвижной нагрузки на конструкцию, можно использовать суммарное расчётное число приложения приведённой расчётной нагрузки к расчётной точке на поверхности конструкции за срок службы. Для явного задания этой характеристики выберите в поле **Число приложений расчётной нагрузки ΣN_p** пункт **Явное задание** и введите значение в поле **Значение ΣN_p** .











При выборе пункта **Расчёт по модулю упругости** становится доступно поле **Требуемый поверхностный модуль упругости**, в котором можно задать поверхностный модуль упругости. В результате в поле **Значение ΣN_p** отобразится вычисленное значение приложения расчётной нагрузки.

	Число приложений расчётной нагрузки ΣN_p	Расчёт по модулю упругости
	Значение ΣN_p	7179494
	Требуемый поверхностный модуль упругости, МПа	326,15

Определение числа приложений расчётной нагрузки при расчёте по модулю упругости

При выборе пункта **Расчёт по условиям движения** становятся доступны параметры, в результате определения которых вычисляется значение приложения расчётной нагрузки в поле **Значение ΣN_p** .

- Тип проектируемого участка дороги задаётся в поле **Тип участка дороги** и может быть следующим: **Полоса движения**, **Обочина**, **Перекрёсток**, **Краевая полоса**, **Остановочная полоса**. В соответствии с выбранным типом участка дороги варьируются параметры, рассматриваемые ниже.
- Количество полос движения дороги в обоих направлениях задаётся в поле **Число полос движения (в обе стороны)**.

	Число приложений расчётной нагрузки ΣN_p	Расчёт по условиям движения
	Значение ΣN_p	2753240
	Тип участка дороги	Полоса движения
	Число полос движения (в обе стороны)	2
	Номер расчётной полосы от обочины	1
	Дней в году с деформируемой конструкцией $T_{рдг}$	130
	Показатель изменения интенсивности по годам q	1,04
	Способ задания приведённой интенсивности	На первый год службы
	Приведённая интенсивность N_p	Явное задание
	Приведённая интенсивность, авт/сут	2000

Определение числа приложений расчётной нагрузки при расчёте по условиям движения

- В поле **Номер расчётной полосы от обочины** указывается порядковый номер полосы, для которой производится расчёт.
- Расчётное число дней в году, соответствующих определённому состоянию деформируемости конструкции, задаётся в поле **Дней в году с деформируемой конструкцией $T_{рдг}$** .
- Показатель изменения интенсивности движения расчётного типа автомобиля по годам можно задать в поле **Показатель изменения интенсивности по годам q** .
- В поле **Способ задания приведённой интенсивности** можно указать перспективную интенсивность, выбрав пункт **На последний год службы**, либо интенсивность на первый год службы, выбрав пункт **На первый год службы**.
- Приведённую интенсивность можно задать явно, выбрав в поле **Приведённая интенсивность N_p** пункт **Явное задание** и задав значение в поле **Приведённая интенсивность**, либо из расчёта по приведённым автомобилям, выбрав пункт **Расчёт по приведённым автомобилям** и задав параметры интенсивности автомобилей по видам: **Легковые и грузовые автомобили до 2 т**, **Грузовые автомобили от 2 до 5 т**, **Грузовые автомобили от 5 до 8 т**, **Грузовые автомобили свыше 8 т**, **Автобусы**, **Тягачи с прицепами**. При этом коэффициенты приведения S_m (отображаемые справа от числового поля при его ре-

дактировании) назначаются в соответствии с нагрузкой на ось (см. [2, приложение 1 (обязательное) «Расчётные нагрузки»]).

Приведённая интенсивность N_p	Расчёт по приведённым автомобилям
Приведённая интенсивность, авт/сут	2312
Интенсивность по видам автомобилей, авт/сут	
Легковые и грузовые автомобили до 2 т	5000
Грузовые автомобили от 2 до 5 т	3000
Грузовые автомобили от 5 до 8 т	300
Грузовые автомобили свыше 8 т	50
Автобусы	2000
Тягачи с прицепами	10

Параметры приведённой интенсивности из расчёта по приведённым автомобилям

Задание расчётных параметров увлажнённости грунта

Расчётные характеристики грунта рабочего слоя земляного полотна при расчёте дорожной одежды на прочность задаются в группе **Расчётная относительная влажность грунта W_p** .

- Способ расчёта влажности дисперсного грунта можно выбрать в поле **Способ расчёта W_p** . При выборе пункта **Задать в явном виде** становится доступным для редактирования поле **Значение W_p** .

Если выбран пункт **Рассчитать по параметрам местности**, то становятся доступны параметры:

- Тип местности по рельефу.** В этом поле можно выбрать один из трёх типов местности по рельефу: равнинный район, предгорный район (до 1000 м в. у. м.) или горный район (более 1000 м в. у. м.).

Расчётная относительная влажность грунта W_p	
Способ расчёта W_p	Рассчитать по параметрам местности
Значение W_p	0,88
Тип местности по рельефу	Равнинный
Поправка на конструктив	0,00
Средняя многолетняя влажность $W_{таб}$	Рассчитать по параметрам местности
Значение $W_{таб}$	0,75
Тип земляного полотна	Нулевые места

Параметры расчётной относительной влажности грунта

- Поправка на конструктив.** В этом поле задаётся поправка на конструктивные особенности проезжей части и обочин. Если задано значение ноль, то поправка при расчёте влажности дисперсного грунта не учитывается.
- Среднее многолетнее значение относительной влажности грунта, наблюдавшееся в наиболее неблагоприятный (весенний) период года в рабочем слое земляного полотна, можно задать в явном виде, выбрав в поле **Средняя многолетняя влажность $W_{таб}$** пункт **Задать в явном виде** и указав нужное значение в поле **Значение $W_{таб}$** .

- Для некоторых грунтов существует возможность автоматически рассчитать среднее многолетнее значение относительной влажности грунта по параметрам местности, выбрав в поле **Средняя многолетняя влажность $W_{таб}$** пункт **Рассчитать по параметрам местности** и задав тип земляного полотна в поле **Тип земляного полотна**. Если для текущего грунта авторасчёт по типу земляного полотна невозможен, то в поле **Средняя многолетняя влажность $W_{таб}$** будет отображаться информация об этом.

Расчёт на упругий прогиб

Под прочностью конструкции дорожной одежды понимают способность сопротивляться процессу развития остаточных деформаций и разрушений под воздействием напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте. Количественную оценку прочности можно измерить величиной коэффициента прочности по допускаемому упругому прогибу.

Произведение расчёта

Чтобы рассчитать нежёсткую конструкцию на упругий прогиб, выполните следующие действия:

1. На закладке **Свойства проекта** задайте параметры в группах **Параметры района проектирования**, **Расчётная нагрузка** и **Расчётная относительная влажность грунта W_p** (◀ см. предыдущий раздел).

Параметры района проектирования	
Техническая категория дороги	II категория
Тип дорожной одежды	Капитальный
Дорожно-климатическая зона	II - подзона 6 Карта...
Схема увлажнения	Схема 1 (атмосферные осадки)
Расчётный срок службы $T_{сл}$, лет	20
Ширина проезжей части, м	7,50
Заданная надёжность K_n	0,95
Требуемый $K_{пр}$ (упругий прогиб)	1,30
Требуемый $K_{пр}$ (сдвиг, изгиб)	1,00
Нормативное отклонение прочности t	1,71
Расчётная нагрузка	
Двухбаллонное колесо	<input checked="" type="checkbox"/>
Давление колеса на дорогу	Группа расчётной нагрузки № 1
Давление в шине p , МПа	0,60
Диаметр отпечатка шины D (дин.), см	37,00
Диаметр отпечатка шины D (стат.), см	33,00
Статическая нагрузка на ось, кН	100,00
Число приложений расчётной нагрузки ΣN_p	Явное задание
Значение ΣN_p	7179494
Расчётная относительная влажность грунта W_p	
Способ расчёта W_p	Рассчитать по параметрам местности
Значение W_p	0,76
Тип местности по рельефу	Равнинный
Поправка на конструктив	0,00
Средняя многолетняя влажность $W_{таб}$ (авторасчёт невозможен для данного типа грунта)	
Значение $W_{таб}$	0,65

Параметры проекта, необходимые для расчёта на упругий прогиб

2. Для каждого конструктивного слоя определите его толщину в поле **Толщина**.

Параметры конструктивного слоя дорожной одежды	
Название	Средний слой покрытия
Слой не входит в конструкцию дорожной одежды	<input type="checkbox"/>
Толщина, см	8,00
Параметры поиска вариантов толщины	
Вариант без этого слоя	<input type="checkbox"/>
Минимум, см	5,00
Максимум, см	20,00
Шаг перебора, см	1,00
Варианты толщин, см: 5, 6, 7, 8, 9, ..., 19, 20	
Удельная цена, у.е.	1,00

Параметры конструктивного слоя дорожной одежды

3. Для каждого материала слоя задайте модуль упругости в поле **Модуль упругости E**.

Свойства материала	
Рекомендованные материалы	
Общие свойства	
Полное название	Асфальтобетон горячий, пористый, песчаный I марки, марка битума БНД-60/90
Тип материала	Асфальтобетон
Минимальная толщина слоя, см	5,00
Максимальная толщина слоя, см	100,00
Модуль упругости E, МПа	2000,00 (по ОДН = 2000)
Плотность, кг/м³	2300,00
Коэффициент уплотнения	0,95

Свойства материала

Результаты расчёта

Краткая информация о результатах расчёта конструкции на прочность по критерию упругого прогиба отображается в области формирования конструкции дорожной одежды в столбце **Прогиб**. Для каждого слоя конструкции отображается модуль упругости при расчёте на упругий прогиб с учётом всех нижележащих слоёв. Модуль упругости слоя грунта земляного полотна принимается равным модулю упругости материала. Для верхнего слоя покрытия модуль упругости является модулем упругости всей конструкции в целом.

Помимо значения модуля упругости, в верхнем слое покрытия отображается значение запаса прочности, которое рассчитывается следующим образом:

$$\text{Запас} = \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \cdot 100 \%,$$

где $K_{\text{расч}}$ – расчётный коэффициент прочности по упругому прогибу (← см. подраздел «Задание параметров района проектирования», с. 72);

$K_{тр}$ – требуемый коэффициент прочности конструкции дорожной одежды по критерию упругого прогиба (◀ см. подраздел «Задание параметров района проектирования», с. 72).

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб
Проект конструкции дорожной одежды				
Вариант № 1				
Верхний слой покрытия	Асфальто-он горячей укладки	h = 5 см (3...15)	Е _{пов} = 494 МПа	Е _{упр} = 3200 МПа Запас = 139%
Средний слой покрытия	Асфальто-он горячей укладки	h = 8 см (3...15)	Е _{пов} = 427 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа
Нижний слой покрытия	Асфальто-он горячей укладки	h = 14 см (3...15)	Е _{пов} = 325 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа
Основание	Смеси щебёноч... равийно...	h = 26 см (8...40)	Е _{пов} = 165 МПа	Е _{упр} = 500 МПа
Дополнительный слой основания	Песок средней крупности,	h = 20 см (10...80)	Е _{пов} = 67 МПа	Е _{упр} = 120 МПа
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		Е _{пов} = 45 МПа	Е _{упр} = 45 МПа

Отображение значений расчёта на упругий прогиб в области формирования конструкции

Если значение запаса прочности больше нуля, т. е. конструкция удовлетворяет критерию упругого прогиба, то в верхнем слое покрытия отображается подсказка в виде значка 🟢, в противном случае отображается значок 🛑.

В инспекторе объектов в свойствах варианта при расчёте конструкции на упругий прогиб отображается дополнительная группа **Результаты расчёта на упругий прогиб**, в которой приведён более подробный отчёт о расчёте.

Результаты расчёта варианта конструкции дорожной одежды	
Общая цена варианта = 73,00 у.е.	
Результаты расчёта на упругий прогиб	
Поверхностный модуль упругости Е _{пов} = 494 МПа	
Требуемый модуль упругости Е _{тр} = 202 МПа	
Расчётный коэффициент прочности К _{расч} = 2,441	
Требуемый коэффициент прочности К _{тр} = 1,020	
Запас прочности (К _{расч} -К _{тр})/К _{тр} *100% = 139%	

Результаты расчёта конструкции на упругий прогиб, отображаемые в инспекторе объектов

Рассмотрим подробно результаты расчёта конструкции на упругий прогиб.

- Поверхностный модуль упругости Е_{пов} рассчитывается при помощи номограммы, учитывающей модуль упругости слоя и его толщину (см. [1, рис. 3.1]).
- Требуемый модуль упругости Е_{тр} рассчитывается по формуле:

$$E_{тр} = 98,65 [\lg(\Sigma N_p) - c],$$

где ΣN_p – суммарное расчётное число приложений нагрузки за срок службы дорожной одежды, задаваемое в свойствах проекта в группе

Расчётная нагрузка (◀ см. подраздел «Задание расчётных параметров нагрузки», с. 75);

c – эмпирический параметр, зависящий от нагрузки на ось, задаваемой в параметрах проекта в поле **Статическая нагрузка на ось** (◀ см. подраздел «Задание расчётных параметров нагрузки», с. 75);

- Расчётный коэффициент прочности $K_{\text{расч}}$ при расчёте на упругий прогиб (◀ см. подраздел «Задание параметров района проектирования», с. 72).
- Требуемый коэффициент прочности $K_{\text{тр}}$ при расчёте на упругий прогиб (◀ см. подраздел «Задание параметров района проектирования», с. 72).
- Запас прочности слоя (как в области формирования конструкции дорожной одежды).

Замечание


Результаты расчёта, отображаемые в инспекторе объектов, также войдут в текстовый отчёт (▶ см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», раздел «Формирование отчёта», с. 198) и чертёж (▶ см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», раздел «Формирование чертежа», с. 188).

Расчёт на сдвигоустойчивость

Дорожную одежду проектируют таким образом, чтобы под действием динамической нагрузки в грунте земляного полотна или слабосвязных (песчаных) слоях основания за весь срок службы не накапливались недопустимые деформации.

Произведение расчёта

Чтобы обеспечить конструкцию дорожной одежды устойчивой по критерию сдвигоустойчивости при динамической нагрузке, произведите следующий расчёт:

1. Установите критерий расчёта на сдвигоустойчивость, нажав кнопку  **Расчёт на сдвигоустойчивость** на панели инструментов или выполнив одноимённую команду в меню **Проект**.
2. На закладке **Свойства проекта** задайте параметры в группах **Параметры района проектирования**, **Расчётная нагрузка** и **Расчётная относительная влажность грунта W_p** (◀ см. раздел «Ввод исходных данных», с. 70).

3. Определите слои, участвующие в расчёте, установив для них в свойствах слоя опцию **Проверить на сдвиг** (для слабосвязных материалов и материалов дополнительных слоёв основания).
4. Для каждого слоя конструкции определите его толщину в поле **Толщина** и плотность материала, из которого он состоит, в поле **Плотность**.
5. Для всех общих материалов определите модуль упругости в поле **Модуль упругости E**.
6. Для всех монолитных материалов и асфальтобетонов в группе параметров **Сдвигоустойчивость** определите модуль упругости, зависящий от дорожно-климатической зоны.

Сдвигоустойчивость	
Варианты Е расч, сдвиг, МПа	
Для зоны I	1800,00
Для зоны II	1800,00
Для зоны III	1100,00
Для зоны IV	650,00
Для зоны V	460,00

Параметры сдвигоустойчивости монолитных материалов и асфальтобетонов

7. Для слабосвязных материалов, материалов дополнительных слоёв основания и грунтов в группе **Сдвигоустойчивость** задайте значения угла внутреннего трения при статическом действии нагрузки и для расчёта активного напряжения сдвига (поля **Стат. угол внутреннего трения $\varphi_{ст}$** и **Угол внутреннего трения φ**). Также определите сцепление частиц материала (поле **Сцепление c_n**) и коэффициент работы конструкции на границе основания и грунта (поле **Коэффициент K_d работы конструкции на границе**).

Сдвигоустойчивость	
Стат. угол внутреннего трения $\varphi_{ст}$, °	35,0
Угол внутреннего трения φ , °	29,00
Сцепление c_n , МПа	0,003
Коэффициент K_d работы конструкции на границе	4,50

Параметры сдвигоустойчивости слабосвязных материалов и материалов дополнительных слоёв основания

Результаты расчёта

Результаты расчёта конструкции по критерию сдвигоустойчивости отображаются в области формирования конструкции в столбце **Сдвиг** и на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)** в группе **Результаты расчёта на сдвигоустойчивость**.

В области формирования конструкции дорожной одежды в столбце **Сдвиг** для монолитных материалов и асфальтобетонов отображается значение модуля упругости при расчёте на сдвигоустойчивость (динамическая нагрузка), для общих, слабосвязных материалов и материалов дополнительных слоёв основания отображается значение модуля упругости при расчёте на упругий прогиб. В слое грунта земляного полотна отображается значение модуля упругости материала.

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Сдвиг
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Верхний слой покрытия	Асфальтобетон горячей укладки	h = 5 см (3...15)	Е _{пов} = 494 МПа	Е _{упр} = 3200 МПа Запас = 139%	Е _{сдв} = 1800 МПа
Средний слой покрытия	Асфальтобетон горячей укладки	h = 8 см (3...15)	Е _{пов} = 427 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа	Е _{сдв} = 1200 МПа
Нижний слой покрытия	Асфальтобетон горячей укладки	h = 14 см (3...15)	Е _{пов} = 325 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа	Е _{сдв} = 1200 МПа
Основание	Смеси щебёноч-равнинно-	h = 26 см (8...40)	Е _{пов} = 165 МПа	Е _{упр} = 500 МПа	Е _{сдв} = 500 МПа
Дополнительный слой основания	Песок средней крупности,	h = 20 см (10...80)	Е _{пов} = 67 МПа	Е _{упр} = 120 МПа	Е _{сдв} = 120 МПа Запас = 236%
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		Е _{пов} = 45 МПа	Е _{упр} = 45 МПа	Е _{сдв} = 45 МПа Запас = 113%



Отображение значений расчёта на сдвигоустойчивость в области формирования конструкции

Помимо значения модуля упругости для слоёв, содержащих слабосвязный материал или материал дополнительного слоя основания, а также грунтов отображается значение запаса прочности, рассчитываемое по формуле:

$$\text{Запас} = \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \cdot 100 \%,$$

где $K_{\text{расч}}$ – расчётный коэффициент прочности по сдвигоустойчивости (см. подраздел «Задание параметров района проектирования», с. 72);

$K_{\text{тр}}$ – требуемый коэффициент прочности конструкции дорожной одежды по критерию сдвигоустойчивости (см. подраздел «Задание параметров района проектирования», с. 72).

Если значение запаса прочности больше нуля, т. е. конструкция удовлетворяет критерию сдвигоустойчивости при динамической нагрузке, то в слоях, содержащих слабосвязный материал, и в слое грунта отображается подсказка в виде значка , в противном случае отображается значок .

В инспекторе объектов в свойствах варианта при расчёте на сдвигоустойчивость конструкции отображается дополнительная группа **Результаты расчёта на сдвигоустойчивость**. В ней для каждого слоя отдельно приведён более подробный отчёт о расчётных параметрах.

Результаты расчёта варианта конструкции дорожной одежды	
Общая цена варианта = 73,00 у.е.	
Результаты расчёта на упругий прогиб	
Результаты расчёта на сдвигоустойчивость	
Дополнительный слой основания	
Грунт земляного полотна	
Статическая нагрузка	
Расчётное активное напряжение сдвига $T = 0,007$ МПа	
Предельное активное напряжение сдвига $T_{пр} = 0,013$ МПа	
Расчётный коэффициент прочности $K_{расч} = 1,854$	
Требуемый коэффициент прочности $K_{тр} = 0,870$	
Запас прочности $(K_{расч} - K_{тр}) / K_{тр} * 100\% = 113\%$	

Результаты расчёта конструкции на сдвигоустойчивость, отображаемые в инспекторе объектов

Рассмотрим подробно результаты расчёта на сдвигоустойчивость грунта земляного полотна.

- Расчётное активное напряжение сдвига грунта T рассчитывается по формуле:

$$T = \tau_n \cdot \rho,$$

где τ_n – удельное активное напряжение сдвига от единичной нагрузки, определяемое с помощью номограмм (см. [1, рис. 3.2, 3.3]);

ρ – расчётное давление, задаваемое в свойствах проекта в поле **Давление в шине ρ** (см. подраздел «Задание расчётных параметров нагрузки», с. 75).

- Предельное активное напряжение сдвига $T_{пр}$ рассчитывается по формуле (см. [2, гл. 3 «Расчёт дорожных одежд на прочность», раздел «Расчёт по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоёв»]):

$$T_{пр} = K_d (c_n + 0,1 \gamma_{cp} z_{оп} \operatorname{tg} \varphi_{ст}),$$

где K_d – коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания, задаваемый в параметрах слоя в поле **Коэффициент K_d работы конструкции на границе**;

c_n – сцепление в грунте земляного полотна (или в промежуточном песчаном слое), принимаемое с учётом повторности нагрузки, которое задаётся в параметрах слоя в поле **Сцепление c_n** ;

$\gamma_{\text{ср}}$ – средневзвешенный удельный вес конструктивных слоёв, расположенных выше проверяемого слоя, который рассчитывается по формуле (*);

$z_{\text{оп}}$ – глубина расположения поверхности слоя, проверяемого на сдвигоустойчивость, от верха конструкции;

$\varphi_{\text{ст}}$ – расчётная величина угла внутреннего трения материала проверяемого слоя при статическом действии нагрузки, которая задаётся в параметрах слоя в поле **Стат. угол внутреннего трения $\varphi_{\text{ст}}$** .

Расчёт средневзвешенного удельного веса конструктивных слоёв:

$$\gamma_{\text{ср}} = \frac{\sum_i p_i \cdot h_i}{\sum_i h_i}, \quad (*)$$

где p_i – плотность материала i -го слоя, задаваемая в свойствах слоя в поле **Плотность**;

h_i – толщина i -го слоя, задаваемая в свойствах слоя в поле **Толщина**.

- Расчётный коэффициент прочности $K_{\text{расч}}$ при расчёте на сдвигоустойчивость (▶ см. подраздел «Задание параметров района проектирования», с. 72).
- Требуемый коэффициент прочности $K_{\text{тр}}$ при расчёте на сдвигоустойчивость (▶ см. подраздел «Задание параметров района проектирования», с. 72).
- Запас прочности слоя (как в области формирования конструкции дорожной одежды).

Замечание


Результаты расчёта, отображаемые в инспекторе объектов, также войдут в текстовый отчёт (▶ см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», раздел «Формирование отчёта», с. 198) и чертёж (▶ см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», раздел «Формирование чертежа», с. 188).

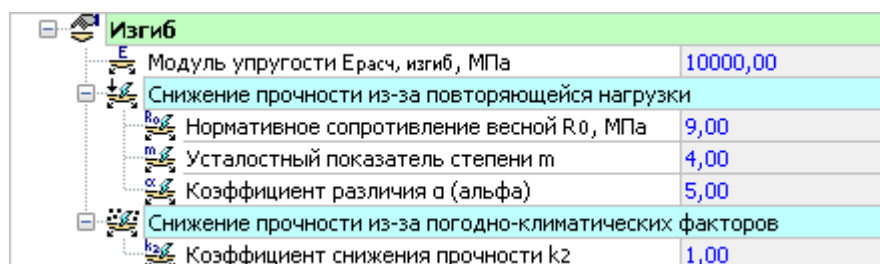
Расчёт на сопротивление при изгибе








В монолитных слоях дорожной одежды (из асфальтобетона, дёгтебетона, материалов и грунтов, укреплённых комплексными и неорганическими вяжущими и др.) возникающие при прогибе одежды напряжения под действием повторных кратковременных нагрузок не должны в течение заданного срока службы приводить к образованию трещин от усталостного разрушения.

Произведение расчёта

Чтобы произвести расчёт конструкции дорожной одежды по критерию сопротивления монолитных слоёв усталостному разрушению на растяжение при изгибе, выполните следующие действия:

1. Установите критерий расчёта на сопротивление при изгибе, нажав кнопку  **Расчёт на сопротивление при изгибе** на панели инструментов или выполнив одноимённую команду в меню **Проект**.
2. На закладке **Свойства проекта** задайте параметры в группах **Параметры района проектирования**, **Расчётная нагрузка** и **Расчётная относительная влажность грунта W_p** (← см. раздел «Ввод исходных данных», с. 70).
3. В инспекторе объектов задайте толщину каждого конструктивного слоя в поле **Толщина**.
4. Для всех общих, слабосвязных материалов и материалов дополнительных слоёв основания определите модуль упругости в поле **Модуль упругости E** .
5. Для всех монолитных материалов и асфальтобетонов в группе **Изгиб** определите модуль упругости при расчёте на изгиб.
6. Определите, какой слой является нижним (т. е. ближе всех располагается к основанию конструкции) в пакете монолитных слоёв – это может быть монолитный материал или асфальтобетон. Только для этого слоя определите параметры снижения прочности из-за повторяющейся нагрузки и погодно-климатических факторов в группе **Изгиб**.



Изгиб	
 E Модуль упругости Ерасч, изгиб, МПа	10000,00
 Снижение прочности из-за повторяющейся нагрузки	
 R₀ Нормативное сопротивление весной R ₀ , МПа	9,00
 m Усталостный показатель степени m	4,00
 α Коэффициент различия α (альфа)	5,00
 Снижение прочности из-за погодно-климатических факторов	
 k₂ Коэффициент снижения прочности k ₂	1,00

Параметры группы **Изгиб** монолитного материала

Результаты расчёта

Результаты расчёта конструкции на прочность по критерию сопротивления монолитных слоёв усталостному разрушению на растяжение при изгибе отображаются в области формирования конструкции дорожной одежды в столбце **Изгиб** и на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)** в группе **Результаты расчёта на сопротивление при изгибе**.

В области формирования конструкции дорожной одежды в столбце **Изгиб** для монолитных материалов и асфальтобетонов отображается значение модуля упругости при расчёте на изгиб, для общих, слабосвязных материалов и материалов дополнительных слоёв основания отображается значение модуля упругости при расчёте на упругий прогиб, а для слоя грунта земляного полотна отображается значение модуля упругости материала.

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Изгиб
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Верхний слой покрытия	Асфальто... он горячий... плотный	h = 5 см (5...10)	Е _{пов} = 400 МПа	Е _{упр} = 3200 МПа Запас = 19%	Е _{изг} = 4500 МПа
Средний слой покрытия	Асфальто... он горячий... пористый	h = 8 см (5...20)	Е _{пов} = 319 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа	Е _{изг} = 2800 МПа
Нижний слой покрытия	Асфальто... он горячий... высокопо...	h = 14 см (10...50)	Е _{пов} = 239 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа	Е _{изг} = 2100 МПа Запас = 72%
Основание	Смеси... щебёноч... с	h = 34 см (5...34)	Е _{пов} = 119 МПа	Е _{упр} = 280 МПа	Е _{изг} = 280 МПа
Грунт земляного полотна	Супесь... пылеватая		Е _{пов} = 46 МПа	Е _{упр} = 46 МПа	Е _{изг} = 46 МПа



Отображение значений расчёта на изгиб в области формирования конструкции

Помимо значения модуля упругости, при расчёте на изгиб для нижнего слоя в пакете монолитных слоёв отображается значение запаса прочности, которое рассчитывается следующим образом:






$$\text{Запас} = \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \cdot 100 \%,$$

где $K_{\text{расч}}$ – расчётный коэффициент прочности на сопротивление при изгибе (см. подраздел «Задание параметров района проектирования», с. 72);

$K_{\text{тр}}$ – требуемый коэффициент прочности конструкции дорожной одежды по критерию сопротивления при изгибе (см. подраздел «Задание параметров района проектирования», с. 72).

Если значение запаса прочности больше нуля, т. е. конструкция удовлетворяет критерию сопротивления при изгибе, то в нижнем слое пакета монолитных слоёв отображается подсказка в виде значка , в противном случае отображается значок .

В инспекторе объектов в свойствах варианта при расчёте конструкции на сопротивление при изгибе отображается дополнительная группа **Результаты расчёта на сопротивление при изгибе**, в которой приведён более подробный отчёт о расчёте.

Результаты расчёта на сопротивление при изгибе	
	Наибольшее растягивающее напряжение $\sigma_r = 0,617$ МПа
	Прочность материала при изгибе $R_n = 1,062$ МПа
	Расчётный коэффициент прочности $K_{расч} = 1,722$
	Требуемый коэффициент прочности $K_{тр} = 1,000$
	Запас прочности $(K_{расч} - K_{тр}) / K_{тр} * 100\% = 72\%$

Результаты расчёта конструкции на сопротивление при изгибе, отображаемые в инспекторе объектов

Рассмотрим подробно результаты расчёта.

- Наибольшее растягивающее напряжение σ_r при изгибе в монолитном слое определяется по формуле:

$$\sigma_r = \sigma_{уд} \cdot p \cdot K_b,$$

где $\sigma_{уд}$ – растягивающее напряжение от единичной нагрузки при расчётных диаметрах площадки, передающей нагрузку, определяемое номограммой по приведённой двухслойной модели конструкции;

p – расчётное давление, задаваемое в свойствах проекта в поле **Давление в шине p** (← см. подраздел «Задание расчётных параметров нагрузки», с. 75);

K_b – коэффициент, учитывающий особенности напряжённого состояния покрытия конструкции под спаренным баллоном. Принимают равным 0,85 (при расчёте на однобаллонное колесо $K_b = 1$).

- Прочность материала при изгибе R_n рассчитывается по формуле:

$$R_n = R_0 k_1 k_2 (1 - v_R \cdot t),$$

где R_0 – нормативное значение предельного сопротивления растяжению при изгибе в условиях расчётной низкой весенней температуры (однократно приложенная нагрузка), задаваемое для нижнего слоя в пакете монолитных слоёв в поле **Нормативное сопротивление весной R_0 группы Изгиб**;

k_1 – коэффициент, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении нагрузки, рассчитываемый по формуле (**);

k_2 – коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от воздействия погодных-климатических факторов, задаваемый для нижнего слоя в пакете монолитных слоёв в поле **Коэффициент снижения прочности k_2 группы Изгиб**;

v_R – коэффициент вариации прочности на растяжение, принимаемый равным 0,1;

t – коэффициент нормативного отклонения, зависящий от заданной надёжности и отображаемый в свойствах проекта в поле **Нормативное отклонение прочности t** (◀ см. подраздел «Задание параметров района проектирования», с. 72).

Расчёт коэффициента k_1 :

$$k_1 = \frac{\alpha}{\sqrt[m]{\Sigma N_p}}, \quad (**)$$

где α – коэффициент, учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой, а также вероятность совпадения во времени расчётной (низкой) температуры покрытия и расчётного состояния грунта земляного покрытия, задаваемый для нижнего слоя в пакете монолитных слоёв в поле **Коэффициент различия α (альфа)** группы **Изгиб**;

ΣN_p – расчётное суммарное число приложений расчётной нагрузки за срок службы монолитного покрытия, определяемое в свойствах проекта в группе **Число приложений расчётной нагрузки ΣN_p** (◀ см. подраздел «Задание расчётных параметров нагрузки», с. 75);

m – показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя, задаваемый для нижнего слоя в пакете монолитных слоёв в поле **Усталостный показатель степени m** группы **Изгиб**.


- Расчётный коэффициент прочности $K_{\text{расч}}$ при расчёте на сопротивление при изгибе (◀ см. подраздел «Задание параметров района проектирования», с. 72).
- Требуемый коэффициент прочности $K_{\text{тр}}$ при расчёте на сопротивление при изгибе (◀ см. подраздел «Задание параметров района проектирования», с. 72).
- Запас прочности слоя (как в области формирования конструкции дорожной одежды).

Расчёт на статическую нагрузку

Конструкцию дороги или отдельных её участков (например, остановочную полосу) следует проектировать таким образом, чтобы под действием длительной и кратковременной статических нагрузок в грунте земляного полотна или слабосвязных слоях конструкции за весь срок службы не накапливались недопустимые деформации.

Произведение расчёта

Чтобы произвести расчёт конструкции дорожной одежды на сдвигоустойчивость при статической нагрузке, выполните следующие действия:

1. Установите критерий расчёта на статическую нагрузку, нажав кнопку  **Расчёт на статическую нагрузку** на панели инструментов или выполнив одноимённую команду в меню **Проект**.
2. На закладке **Свойства проекта** задайте параметры в группах **Параметры района проектирования**, **Расчётная нагрузка** и **Расчётная относительная влажность грунта W_p** (◀ см. раздел «Ввод исходных данных», с. 70).

Убедитесь, что задан диаметр отпечатка шины колеса неподвижного автомобиля в поле **Диаметр отпечатка шины D (стат.)**.

3. Определите слои, участвующие в расчёте, установив для них опцию **Проверить на сдвиг** (для слабосвязных материалов и материалов дополнительных слоёв основания).
4. Задайте плотность для каждого материала конструкции в поле **Плотность**.
5. Для всех монолитных и общих материалов задайте модуль упругости в поле **Модуль упругости E**.
6. Для всех асфальтобетонов в группе параметров **Статическая нагрузка** определите модуль упругости при расчёте на статическую нагрузку, зависящий от дорожно-климатической зоны.



Статическая нагрузка	
Варианты Е _{расч, стат} , МПа	
Для зоны I	250,00
Для зоны II	250,00
Для зоны III	225,00
Для зоны IV	200,00
Для зоны V	190,00

Параметры модуля упругости при статической нагрузке для асфальтобетонов

7. Для всех слабосвязных материалов, материалов дополнительных слоёв основания и грунтов определите параметры, как при расчёте на сдвигоустойчивость (◀ см. раздел «Расчёт на сдвигоустойчивость», с. 82).

Результаты расчёта

Результаты расчёта конструкции на прочность по критерию сдвигоустойчивости при статической нагрузке отображаются в области формирования конструкции дорожной одежды в столбце **Стат. нагрузка** и на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)** в группе **Результаты расчёта на статическую нагрузку**.

В области формирования конструкции дорожной одежды в столбце **Стат. нагрузка** для монолитных материалов и асфальтобетонов отображается значение модуля упругости при расчёте на сдвигоустойчивость (статическая нагрузка), для общих, слабосвязных материалов и материалов дополнительных слоёв основания отображается значение модуля упругости при расчёте на упругий прогиб, а для слоя грунта земляного полотна отображается значение модуля упругости материала.

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Стат. нагрузка
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Верхний слой покрытия	Асфальтобетон горячий плотный	h = 5 см (5...15)	E _{пов} = 552 МПа	E _{упр} = 3200 МПа Запас = 85%	Естат = 300 МПа
Средний слой покрытия	Асфальтобетон горячий пористый	h = 8 см (5...20)	E _{пов} = 464 МПа	E _{упр} = 2000 МПа	Естат = 300 МПа
Нижний слой покрытия	Асфальтобетон горячий высокопрочный	h = 22 см (10...50)	E _{пов} = 356 МПа	E _{упр} = 2000 МПа	Естат = 300 МПа
Основание	Укреплённый щебёночно-гравийный	h = 15 см (10...40)	E _{пов} = 124 МПа	E _{упр} = 400 МПа	Естат = 400 МПа
Доп. слой основания	Песок мелкий с содержанием	h = 30 см (20...50)	E _{пов} = 77 МПа	E _{упр} = 120 МПа	Естат = 120 МПа Запас = 87%
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		E _{пов} = 46 МПа	E _{упр} = 46 МПа	Естат = 46 МПа Запас = 149%



Отображение значений расчёта на статическую нагрузку в области формирования конструкции

Помимо значения модуля упругости для слоёв, содержащих слабосвязный материал или материал дополнительных слоёв основания, а также грунта земляного полотна отображается значение запаса прочности, рассчитываемое по формуле:

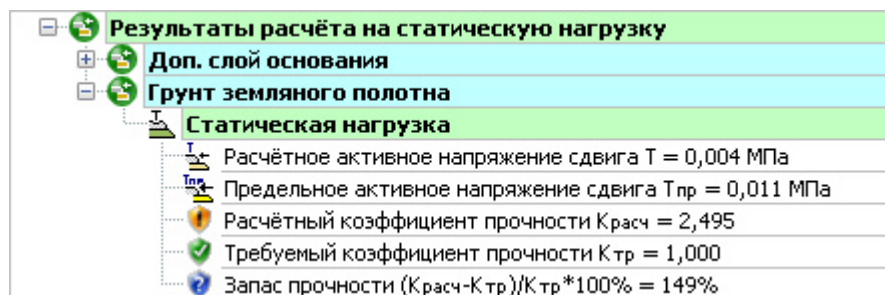
$$\text{Запас} = \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \cdot 100 \%,$$

где $K_{\text{расч}}$ – расчётный коэффициент прочности при расчёте на сдвигоустойчивость с учётом статической нагрузки (см. подраздел «Задание параметров района проектирования», с. 72);

$K_{\text{тр}}$ – требуемый коэффициент прочности конструкции дорожной одежды по критерию сдвигоустойчивости при статической нагрузке (см. подраздел «Задание параметров района проектирования», с. 72).

Если значение запаса прочности больше нуля, т. е. конструкция удовлетворяет критерию, то в грунте земляного полотна и в каждом слабосвязном слое конструкции отображается подсказка в виде значка , в противном случае отображается значок .

В инспекторе объектов в свойствах варианта при расчёте конструкции на статическую нагрузку отображается дополнительная группа **Результаты расчёта на статическую нагрузку**, в которой приведён более подробный отчёт о расчёте.



Результаты расчёта на статическую нагрузку	
Доп. слой основания	
Грунт земляного полотна	
Статическая нагрузка	
	Расчётное активное напряжение сдвига $T = 0,004$ МПа
	Предельное активное напряжение сдвига $T_{пр} = 0,011$ МПа
	Расчётный коэффициент прочности $K_{расч} = 2,495$
	Требуемый коэффициент прочности $K_{тр} = 1,000$
	Запас прочности $(K_{расч} - K_{тр}) / K_{тр} * 100\% = 149\%$

Результаты расчёта конструкции на статическую нагрузку, отображаемые в инспекторе объектов

Результаты расчёта аналогичны результатам, получаемым при расчёте конструкции по критерию сдвигоустойчивости при динамической нагрузке (← см. раздел «Расчёт на сдвигоустойчивость», подраздел «Результаты расчёта», с. 84).


Расчёт на морозоустойчивость

В районах сезонного промерзания грунтов земляного полотна при неблагоприятных грунтовых и гидравлических условиях должна быть обеспечена не только прочность и устойчивость дорожной одежды, но и достаточная морозоустойчивость.

Произведение расчёта

Расчёт на морозоустойчивость конструкции может производиться по двум различным алгоритмам. Первый алгоритм рассчитывает морозоустойчивость всей конструкции дорожной одежды в целом без учёта свойств морозозащитного слоя, используя данные о термосопротивлении каждого слоя и морозозащитные свойства грунта. Второй алгоритм позволяет рассчитать морозоустойчивость конструкции с использованием дополнительного слоя основания в качестве морозозащитного.

Рассмотрим поэтапно произведение расчёта морозоустойчивости конструкции дорожной одежды по первому алгоритму.

1. Установите критерий расчёта на морозоустойчивость, нажав кнопку  **Расчёт на морозоустойчивость** на панели инструментов или выполнив одноимённую команду в меню **Проект**.

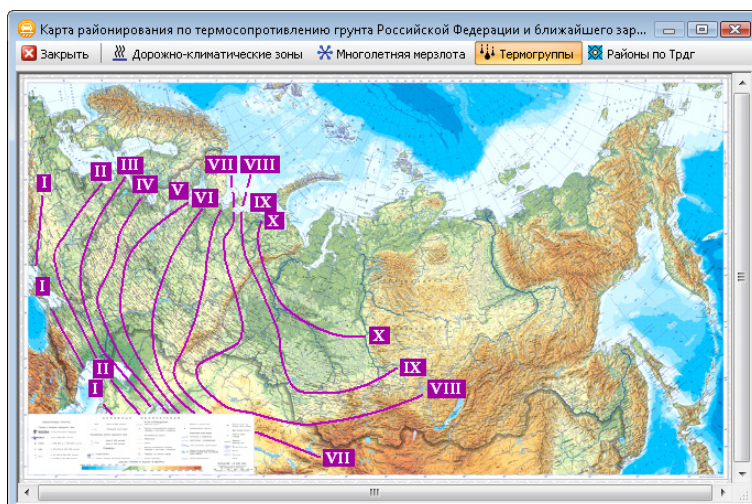
2. На закладке **Свойства проекта** появится дополнительная группа **Параметры расчёта на морозоустойчивость**.

Параметры расчёта на морозоустойчивость	
Глубина промерзания, м	2,00
Расстояние от низа дорожной одежды до УГВ (УПВ)	
Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды)	3,00
Уровень грунтовых вод, м	2,00
Тип земляного полотна	Насыпь
Высота насыпи	1,00
Изолиния термосопротивления грунта	5

Кнопка: Карта...

Параметры расчёта конструкции дорожной одежды на морозоустойчивость

- **Глубина промерзания.** Задайте в этом поле среднюю глубину промерзания для данной дорожно-климатической зоны.
- **Глубина грунтовых вод (от низа дорожной одежды).** В этом поле отображается расчётное расстояние от низа дорожной одежды (с учётом выемки или насыпи) до предполагаемого уровня грунтовых вод.
- **Уровень грунтовых вод.** Задайте расстояние от низа насыпи или выемки до предполагаемого уровня грунтовых вод.
- **Тип земляного полотна.** Укажите тип земляного полотна. Если между земляным полотном и дорожной одеждой не предполагается насыпь или выемка, то выберите пункт **Нулевые места**. Для обозначения насыпи выберите пункт **Насыпь** и в появившемся поле **Высота насыпи** укажите значение высоты насыпи в метрах. Если нужно обозначить выемку, то выберите пункт **Выемка** и в появившемся поле **Глубина выемки** введите значение глубины выемки в метрах.
- **Изолиния термосопротивления грунта.** Задайте в этом поле номер изолинии, соответствующей термосопротивлению грунта в дорожно-климатической зоне. Просмотреть номера изолиний и их расположение можно на карте, нажав кнопку **Карта...**



Расположение изолиний термогрупп

3. На закладке **Свойства грунта** определите параметры морозоустойчивости грунта земляного полотна.

- **Теплопр-ть (мёрзл.) $\lambda_{од}$.** В этом поле задаётся теплопроводность материала в мёрзлом состоянии.
- **Пучинистость грунта.** Из списка можно выбрать одну из групп, определяющую характер пучинистости грунта: **Группа 1 (непучинистый)**, **Группа 2 (слабопучинистый)**, **Группа 3 (пучинистый)**, **Группа 4 (сильнопучинистый)** или **Группа 5 (чрезмернопучинистый)**.
- **$K_{угв}$ (коэффициент учёта уровня грунтовых вод).** В этом поле можно задать коэффициент, учитывающий влияние расчётной глубины залегания уровня грунтовых вод или длительно стоящих поверхностных вод.
- **$K_{нагр}$ (коэффициент учёта нагрузки от вышележащих слоёв).** В этом поле можно указать коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое и зависящий от глубины промерзания.
- **$K_{пл}$ (коэффициент, зависящий от уплотнения слоя).** В этом поле задаётся коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя.

Морозоустойчивость	
Теплопр-ть (мёрзл.) $\lambda_{од}$, Вт/(м*К)	1,80
Пучинистость грунта	Группа 4 (сильнопучинистый)
Определение коэффициентов $K_{угв}$ и $K_{нагр}$	Назначить по типу грунта
Тип грунта	Супесь пылеватая и тяжёлая ...
$K_{угв}$ (коэффициент учёта уровня грунтовых вод)	0,62
$K_{нагр}$ (коэффициент учёта нагрузки от вышележащих слоёв)	0,92
$K_{пл}$ (коэффициент, зависящий от уплотнения слоя)	0,80
$K_{гр}$ (коэффициент учёта гранулометрии основания)	1,10
Коэффициент C_p для определения термического сопротивления	
Толщина дорожной одежды $h_{од} = 0,5$ м	
$h_{пр(доп)} < 50$	0,75
$h_{пр(доп)} = 50...100$	0,70
$h_{пр(доп)} > 100$	0,65
Толщина дорожной одежды $h_{од} = 1,0$ м	
Толщина дорожной одежды $h_{од} = 1,5$ м	
Толщина дорожной одежды $h_{од} = 2,0$ м	

Параметры морозоустойчивости грунта земляного полотна

- **$K_{гр}$ (коэффициент учёта гранулометрии основания).** В этом поле задаётся коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи или выемки.

Замечание

Система IndorPavement позволяет автоматически рассчитывать коэффициенты $K_{\text{нагр}}$ и $K_{\text{угв}}$ по номограммам, представленным в ОДН 218.046–01, исходя из параметров проекта и типа грунта. Для этого в поле **Определение коэффициентов $K_{\text{нагр}}$ и $K_{\text{угв}}$** выберите пункт **Назначить по типу грунта** и в появившемся поле **Тип грунта** выберите подходящий вариант. При выборе пункта **Задать в явном виде** параметры можно задать вручную.

Рассмотрим расчёт конструкции дорожной одежды на морозоустойчивость по второму алгоритму.

1. Установите критерий расчёта на морозоустойчивость, задайте параметры расчёта на морозоустойчивость конструкции в целом и определите морозозащитные параметры грунта земляного полотна, как в предыдущем алгоритме.
2. Определите морозозащитный слой, установив для него в инспекторе объектов на закладке **Свойства слоя № (номер слоя)** опцию **Морозозащитный слой**.

Параметры конструктивного слоя дорожной одежды	
Название	Дополнительный слой основания
Слой не входит в конструкцию дорожной одежды	<input type="checkbox"/>
Толщина, см	60,00
Параметры поиска вариантов толщины	
Вариант без этого слоя	<input type="checkbox"/>
Минимум, см	10,00
Максимум, см	100,00
Шаг перебора, см	1,00
Варианты толщин, см:	10, 11, ..., 59, 60 , 61, ..., 99, 100
Удельная цена, у.е.	1,00
Морозозащитный слой	<input checked="" type="checkbox"/>

Определение морозозащитного слоя

Замечание

Важно помнить, что морозозащитный слой может иметь материал только с типом **Доп. слой основания**.

3. Для морозозащитного слоя конструкции дорожной одежды определите параметры морозоустойчивости. Они вынесены в группу **Морозоустойчивость** на закладке **Свойства слоя № (номер слоя)**.

Морозоустойчивость	
Теплопр-ть (мёрзл.) $\lambda_{\text{од}}$, Вт/(м*К)	2,44
Теплопроводность $\lambda_{\text{мз}}$, Вт/(м*К)	2,18
Коэффициент C_p	0,60

Параметры морозоустойчивости морозозащитного слоя

- **Теплопр-ть (мёрзл.) $\lambda_{од}$.** В этом поле задаётся теплопроводность материала в мёрзлом состоянии.
 - **Теплопроводность $\lambda_{мз}$.** В этом поле можно задать коэффициент теплопроводности морозозащитного слоя, равный среднеарифметическому значению коэффициентов теплопроводности материала слоя в талом и мёрзлом состояниях.
 - **Коэффициент C_p .** В этом поле задаётся коэффициент, позволяющий определить приведённое термическое сопротивление по номограмме.
4. Задайте значение теплопроводности для остальных конструктивных слоёв.

Результаты расчёта

При расчёте по первому алгоритму результаты расчёта отображаются только в инспекторе объектов в свойствах варианта (группа **Результаты расчёта на морозоустойчивость**). Конструкция считается морозоустойчивой, если соблюдено условие:

$$l_{пуч} \leq l_{доп},$$

где $l_{пуч}$ – расчётное (ожидаемое) пучение грунта земляного полотна, рассчитываемое по формуле;

$l_{доп}$ – допускаемое для данной конструкции пучение грунта, зависящее от типа дорожного покрытия.

Расчётное пучение грунта $l_{пуч}$ рассчитывается следующим образом:

$$l_{пуч} = l_{пуч\ ср} K_{УГВ} K_{пл} K_{гр} K_{нагр} K_{вл},$$

где $l_{пуч\ ср}$ – величина морозного пучения при усреднённых условиях, определяемая в зависимости от толщины дорожной одежды;

$K_{УГВ}$ – коэффициент, учитывающий влияние расчётной глубины залегания уровня грунтовых или длительно стоящих поверхностных вод;

$K_{пл}$ – коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя;

$K_{гр}$ – коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи или выемки;

$K_{нагр}$ – коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое и зависящий от глубины промерзания;

$K_{вл}$ – коэффициент, зависящий от расчётной влажности грунта.

Если условие выполняется, то в группе **Результаты расчёта на морозоустойчивость** отображается соотношение и информация о том, что морозозащитный слой не задан, но конструкция в целом удовлетворяет критерию морозоустойчивости. При невыполнении условия соотношение и информация выделяются красным цветом.

Результаты расчёта на морозоустойчивость	
✓	Морозозащитный слой не задан: конструкция является морозоустойчивой
✓	(ожидаемая пучинистость грунта 4 см ≤ допустимой 4 см)

Результаты расчёта на морозоустойчивость по первому алгоритму (без морозозащитного слоя)

При расчёте по второму алгоритму результаты расчёта конструкции дорожной одежды на морозоустойчивость отображаются в области формирования конструкции в столбце **Мороз** и на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)** в группе **Результаты расчёта на морозоустойчивость**.

В области формирования конструкции в столбце **Мороз** для морозозащитного слоя отображается минимально допустимая толщина h_{\min} , рассчитываемая по формуле:

$$h_{\min} = (R_{\text{од(тр)}} - R_{\text{од(о)}})\lambda_{\text{мз}},$$

где $R_{\text{од(тр)}}$ – требуемое в данных условиях термическое сопротивление дорожной одежды, рассчитываемое по формуле;

$R_{\text{од(о)}}$ – термическое сопротивление рассматриваемой конструкции дорожной одежды, рассчитываемое по формуле;

$\lambda_{\text{мз}}$ – коэффициент теплопроводности морозозащитного слоя, равный среднеарифметическому значению коэффициентов теплопроводности материала слоя в талом и мёрзлом состояниях.

Конструкция		Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Мороз
Проект конструкции дорожной одежды						
Вариант № 1						
Верхний слой покрытия		Асфальто... он горячий плотный мел	$h = 5$ см (5...15)	$E_{\text{пов}} = 552$ МПа	$E_{\text{упр}} = 3200$ МПа Запас = 30%	
Средний слой покрытия		Асфальто... он горячий... пористый...	$h = 8$ см (5...20)	$E_{\text{пов}} = 464$ МПа	$E_{\text{упр}} = 2000$ МПа	
Нижний слой покрытия		Асфальто... он горячий... высокопо...	$h = 22$ см (10...50)	$E_{\text{пов}} = 356$ МПа	$E_{\text{упр}} = 2000$ МПа	
Основание		Укреплён... щебёноч... гравийная	$h = 15$ см (10...40)	$E_{\text{пов}} = 124$ МПа	$E_{\text{упр}} = 400$ МПа	
Дополнительный слой осн		Песок... мелкий с содержание	$h = 30$ см (20...50)	$E_{\text{пов}} = 77$ МПа	$E_{\text{упр}} = 120$ МПа	$h_{\min} = 14$ см Запас = 16 см
Грунт земляного полотна		Супесь... пылеватая		$E_{\text{пов}} = 46$ МПа	$E_{\text{упр}} = 46$ МПа	

Отображение значений расчёта на морозоустойчивость по второму алгоритму в области формирования конструкции

Термическое сопротивление рассматриваемой конструкции $R_{од(о)}$ рассчитывается по формуле:

$$R_{од(о)} = \sum_{i=1}^{i=n_{од}} h_{од(i)} / \lambda_{од(i)},$$

где $n_{од}$ – число конструктивных слоёв дорожной одежды без морозозащитного слоя;

$h_{од(i)}$ – толщина i -го слоя, задаваемая в свойствах слоя в поле **Толщина**;

$\lambda_{од(i)}$ – коэффициент теплопроводности отдельных слоёв в мёрзлом состоянии, задаваемый в свойствах слоя в поле **Теплопр-ть (мёрзл.) $\lambda_{од}$** .

Требуемое термическое сопротивление дорожной одежды $R_{од(тр)}$ вычисляется по формуле:

$$R_{од(тр)} = R_{пр} K_{од} K_{увл} \delta,$$

где $R_{пр}$ – приведённое термическое сопротивление, определяемое с помощью номограммы;

$K_{од}$ – коэффициент, учитывающий срок службы дорожной одежды между капитальными ремонтами, определяющийся с учётом изолинии, задаваемой в свойствах проекта в поле **Изолиния термосопротивления грунта**;

$K_{увл}$ – коэффициент, учитывающий схему увлажнения рабочего слоя земляного полотна, определяющийся с учётом изолинии, задаваемой в свойствах проекта в поле **Изолиния термосопротивления грунта**;

δ – понижающий коэффициент, зависящий от дорожно-климатической зоны, задаваемой в свойствах проекта в поле **Дорожно-климатическая зона**.

Запас толщины морозозащитного слоя, отображаемый в столбце **Мороз**, рассчитывается следующим образом:

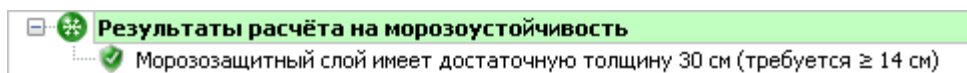
$$\text{Запас} = h_{\text{тек}} - h_{\text{min}},$$

где $h_{\text{тек}}$ – толщина морозозащитного слоя конструкции, задаваемая в свойствах слоя в поле **Толщина**;

h_{min} – минимально допустимая толщина морозозащитного слоя, рассчитываемая по формуле.

Если значение запаса морозозащитного слоя больше нуля, то для морозозащитного слоя в столбце **Мороз** отображается подсказка в виде значка ❄️, в противном случае отображается значок ❄️.

В инспекторе объектов в свойствах варианта при расчёте конструкции на морозоустойчивость по второму алгоритму (с морозозащитным слоем) отображается дополнительная группа **Результаты расчёта на морозоустойчивость**, в которой приводится информация о толщине морозозащитного слоя и минимально допустимая толщина.



Результаты расчёта на морозоустойчивость по второму алгоритму (с морозозащитным слоем)

Если морозозащитный слой имеет недостаточную толщину, то информация выделяется красным цветом.

Замечание


Результаты расчёта, отображаемые в инспекторе объектов, также войдут в текстовый отчёт (► см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», раздел «Формирование отчёта», с. 198) и чертёж (► см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», раздел «Формирование чертежа», с. 188).

Расчёт дренарующего слоя

В дорожно-климатических зонах с сильным увлажнением рабочего слоя земляного полотна при проектировании дорожной одежды рассчитывают дренажную конструкцию. При расчёте дренажной конструкции основной задачей является определение требуемой толщины дренарующего слоя.

Произведение расчёта

Рассмотрим поэтапно произведение расчёта дренарующего слоя.

1. Установите критерий расчёта, нажав кнопку  **Расчёт дренарующего слоя** на панели инструментов или выполнив одноимённую команду в меню **Проект**.
2. В инспекторе объектов на закладке **Свойства проекта** появится дополнительная группа параметров **Параметры расчёта дренарующего слоя**.

В зависимости от конкретных условий дренажная конструкция может быть рассчитана на один из четырёх вариантов работы: работа на осушение, на осушение с периодом запаздывания отвода воды, на поглощение или в виде конструкции с прикромочным дренажем. Выберите вариант работы дренирующего слоя в поле **Принцип работы дренирующего слоя** и задайте нужные параметры.

Параметры расчёта дренирующего слоя	
Принцип работы дренирующего слоя	Осушение с запаздыванием отвода воды
Продольный уклон выше перелома профиля,	40,00
Продольный уклон ниже перелома профиля,	20,00
Запаздывание работы водоотвода $T_{\text{зап}}$, сут	6

Параметры расчёта дренирующего слоя

- Определите дренирующий слой, установив для него в инспекторе объектов на закладке **Свойства слоя № (номер слоя)** опцию **Дренирующий слой**.

Параметры конструктивного слоя дорожной одежды	
Название	Дополнительный слой основания
Слой не входит в конструкцию дорожной одежды	<input type="checkbox"/>
Толщина, см	60,00
Параметры поиска вариантов толщины	
Вариант без этого слоя	<input type="checkbox"/>
Минимум, см	10,00
Максимум, см	100,00
Шаг перебора, см	1,00
Варианты толщин, см: 10, 11,..., 59, 60 , 61,..., 99, 100	
Удельная цена, у.е.	1,00
Дренирующий слой	<input checked="" type="checkbox"/>

Определение дренирующего слоя

Замечание

Важно помнить, что дренирующий слой может иметь материал только с типом **Доп. слой основания**.

- Полная толщина дренирующего слоя складывается из толщины слоя, полностью насыщенного водой, задаваемой в свойствах дренирующего слоя в поле **$h_{\text{нас}}$ (толщина слоя, насыщенного водой)**, и дополнительной толщины слоя, зависящей от капиллярных свойств материала и задаваемой в поле **$h_{\text{зап}}$ (дополнительная толщина слоя)**.

Расчёт на дренаж	
Определение толщины дренирующего слоя	Задать в явном виде
$h_{\text{нас}}$ (толщина слоя, насыщенного водой), м	0,05
$h_{\text{зап}}$ (дополнительная толщина слоя), м	0,15
K_f (коэффициент фильтрации), м/сут	2,20
Пористость	0,32

Параметры расчёта на дренаж дренирующего слоя

Замечание

Система IndorPavement позволяет автоматически рассчитать параметры $h_{\text{нас}}$ и $h_{\text{зап}}$ по номограммам, представленным в ОДН 218.046–01, исходя из свойств проекта и материала. Для этого в поле **Определение толщины дренажного слоя** выберите пункт **Назначить по типу песка** и в появившемся поле **Тип песка** выберите подходящий вариант. При выборе пункта **Задать в явном виде** параметры можно задать вручную.

В зависимости от варианта работы дренажной конструкции дорожной одежды возможны различные варианты расчёта на дренаж. Рассмотрим их подробно.

Дренарующий слой, работающий по принципу осушения

1. В поле **Принцип работы дренажного слоя** выберите пункт **Осушение** (группа **Параметры расчёта дренажного слоя** на закладке **Свойства проекта**) и задайте параметры дренажного слоя.

Параметры расчёта дренажного слоя	
Принцип работы дренажного слоя	Осушение
Продольный уклон выше перелома профиля, ‰	40,00
Продольный уклон ниже перелома профиля, ‰	20,00
Односкатный профиль	<input checked="" type="checkbox"/>
Поперечный уклон низа дренажного слоя, ‰	20,00
Коэффициент снижения притока воды K_p	1,00
Время работы дренажа в расчётный период года	10

Выбор принципа работы дренажного слоя (**Осушение**)

2. В поле **Продольный уклон выше перелома профиля** задайте величину уклона выше перелома профиля.
3. Величину уклона ниже перелома профиля задайте в поле **Продольный уклон ниже перелома профиля**.
4. Если профиль дорожной одежды односкатный, то установите опцию **Односкатный профиль**.
5. Задайте поперечный уклон низа дренажного слоя в поле **Поперечный уклон низа дренажного слоя**.
6. Коэффициент, регулирующий снижение притока воды при принятии специальных мер по регулированию водно-теплового режима, задайте в поле **Коэффициент снижения притока воды K_p** .

7. Время работы дренажа в расчётный период года в годах задайте в поле **Время работы дренажа в расчётный период года**.
8. На закладке **Свойства грунта** в группе **Расчёт на дренаж** задайте следующие расчётные параметры:
 - В поле **q (приток воды в дренажный слой за сутки)** задайте усреднённое значение притока воды в дренирующий слой за сутки.

Расчёт на дренаж	
Q (приток воды в основание за расчётный период), л/м ²	50,00
q (приток воды в дренажный слой за сутки), л/м ²	1,00
K _п (коэффициент "пик")	0,60
K _г (коэффициент гидрологического запаса)	1,00

Параметры расчёта на дренаж для грунта земляного полотна
(**Осушение**)

- В поле **K_п (коэффициент «пик»)** задайте коэффициент «пик», учитывающий неустановившийся режим поступления воды из-за неравномерного оттаивания и выпадения атмосферных осадков.
- В поле **K_г (коэффициент гидрологического запаса)** введите коэффициент гидрологического запаса, учитывающий снижение фильтрационной способности дренирующего слоя в процессе эксплуатации дороги.

Дренирующий слой, работающий по принципу поглощения

1. В поле **Принцип работы дренирующего слоя** выберите пункт **Поглощение** (группа **Параметры расчёта дренирующего слоя** на закладке **Свойства проекта**).

Параметры расчёта дренирующего слоя	
Принцип работы дренирующего слоя	Поглощение

Выбор принципа работы дренирующего слоя (**Поглощение**)

2. На закладке **Свойства грунта** в группе **Расчёт на дренаж** в поле **Q (приток воды в основание за расчётный период)** задайте расчётное количество воды, накапливающейся в дренирующем слое за весь расчётный период.

Расчёт на дренаж	
Q (приток воды в основание за расчётный период), л/м ²	50,00
q (приток воды в дренажный слой за сутки), л/м ²	1,00
K _п (коэффициент "пик")	0,60
K _г (коэффициент гидрологического запаса)	1,00

Параметры расчёта на дренаж для грунта земляного полотна
(**Поглощение**)

- Для дренирующего слоя в группе **Расчёт на дренаж** задайте пористость материала в поле **Пористость**.

Расчёт на дренаж	
Определение толщины дренирующего слоя	Задать в явном виде
$h_{нас}$ (толщина слоя, насыщенного водой), м	0,05
$h_{зап}$ (дополнительная толщина слоя), м	0,15
K_f (коэффициент фильтрации), м/сут	2,20
Пористость	0,32

Параметры расчёта на дренаж дренирующего слоя

Дренирующий слой, работающий по принципу осушения с периодом запаздывания отвода воды

- В поле **Принцип работы дренирующего слоя** выберите пункт **Осушение с запаздыванием отвода воды** (группа **Параметры расчёта дренирующего слоя** на закладке **Свойства проекта**) и задайте параметры дренирующего слоя.

Параметры расчёта дренирующего слоя	
Принцип работы дренирующего слоя	Осушение с запаздыванием отвода воды
Продольный уклон выше перелома профиля,	40,00
Продольный уклон ниже перелома профиля,	20,00
Запаздывание работы водоотвода $T_{зап}$, сут	6

Выбор принципа работы дренирующего слоя
(**Осушение с запаздыванием отвода воды**)

- В поле **Продольный уклон выше перелома профиля** задайте величину уклона выше перелома профиля.
- Величину уклона ниже перелома профиля задайте в поле **Продольный уклон ниже перелома профиля**.
- В поле **Запаздывание работы водоотвода $T_{зап}$** введите среднюю продолжительность запаздывания начала работы водоотводящих устройств.
- Для определения расчётного значения воды, поступающей за сутки, задайте на закладке **Свойства грунта** в группе **Расчёт на дренаж** усреднённое значение притока воды в дренирующий слой, коэффициент «пик» и коэффициент гидрологического запаса (← см. предыдущий подраздел).

Расчёт на дренаж	
Q (приток воды в основание за расчётный период), л/м ²	50,00
q (приток воды в дренажный слой за сутки), л/м ²	1,00
K_p (коэффициент "пик")	0,60
K_r (коэффициент гидрологического запаса)	1,00

Параметры расчёта на дренаж для грунта земляного полотна
(**Осушение с запаздыванием отвода воды**)

Конструкция с прикромочным дренажем

1. В поле **Принцип работы дренажного слоя** выберите пункт **Конструкция с прикромочным дренажем** (группа **Параметры расчёта дренажного слоя** на закладке **Свойства проекта**) и задайте параметры расчёта.

Параметры расчёта дренажного слоя	
Принцип работы дренажного слоя	Конструкция с прикромочным дренажем
Продольный уклон выше перелома профиля, ‰	40,00
Продольный уклон ниже перелома профиля, ‰	20,00
Односкатный профиль	<input type="checkbox"/>
Поперечный уклон низа дренажного слоя, ‰	20,00
Коэффициент снижения притока воды K_p	1,00

Параметры конструкции с прикромочным дренажем

2. В поле **Продольный уклон выше перелома профиля** задайте величину уклона выше перелома профиля.
3. Величину уклона ниже перелома профиля задайте в поле **Продольный уклон ниже перелома профиля**.
4. Если профиль дорожной одежды односкатный, то установите опцию **Односкатный профиль**.
5. Задайте поперечный уклон низа дренажного слоя в поле **Поперечный уклон низа дренажного слоя**.
6. Коэффициент, регулирующий снижение притока воды при принятии специальных мер по регулированию водно-теплового режима, задайте в поле **Коэффициент снижения притока воды K_p** .

Результаты расчёта

Результаты расчёта дренажного слоя отображаются в области формирования конструкции в столбце **Дренаж** и на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)** в группе **Результаты расчёта на дренаж**.

В области формирования конструкции в столбце **Дренаж** для дренажного слоя, работающего по принципу осушения, отображается минимально допустимая толщина слоя h_{\min} , рассчитываемая следующим образом:

$$h_{\min} = h_{\text{нас}} + h_{\text{зап}},$$

где $h_{\text{нас}}$ — толщина слоя, полностью насыщенного водой, задаваемая в явном виде в свойствах дренажного слоя в поле **$h_{\text{нас}}$ (толщина слоя, насыщенного водой)** или рассчитываемая по типу песка;

$h_{\text{зап}}$ — дополнительная толщина слоя, зависящая от капиллярных свойств материала (задаётся пользователем).

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Дренаж
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Основание	Смеси щебёноч... равийно...	$h = 19 \text{ см}$ (10...26)	$E_{\text{пов}} = 154 \text{ МПа}$	$E_{\text{упр}} = 400 \text{ МПа}$ Запас = 61%	
Дополнительный слой осн...	Песок средней крупности,	$h = 60 \text{ см}$ (10...100)	$E_{\text{пов}} = 91 \text{ МПа}$	$E_{\text{упр}} = 120 \text{ МПа}$	$h_{\text{min}} = 33$ Запас = 27 см
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		$E_{\text{пов}} = 46 \text{ МПа}$	$E_{\text{упр}} = 46 \text{ МПа}$	

Отображение значений расчёта дренарующего слоя в области формирования конструкции

Минимально допустимая толщина дренарующего слоя h_{min} , работающего по принципу поглощения, рассчитывается по формуле:

$$h_{\text{min}} = \left(\frac{Q}{1000n} + 0,3h_{\text{зап}} \right) / (1 - \varphi_{\text{зим}}),$$

где Q — расчётное количество воды, накапливающейся в дренарующем слое за весь расчётный период, задаваемое в свойствах грунта в поле **Q (приток воды в основание за расчётный период)**;

n — пористость материала, задаваемая в свойствах дренарующего слоя в поле **Пористость**;

$h_{\text{зап}}$ — дополнительная толщина слоя, зависящая от капиллярных свойств материала (задаётся пользователем);

$\varphi_{\text{зим}}$ — коэффициент заполнения пор влагой в материале дренарующего слоя к началу оттаивания.

Минимально допустимая толщина дренарующего слоя h_{min} , работающего по принципу осушения с запаздыванием отвода воды, рассчитывается по формуле:

$$h_{\text{min}} = \left(\frac{qT_{\text{зап}}}{n} + 0,3h_{\text{зап}} \right) / (1 - \varphi_{\text{зим}}),$$

где q — расчётное значение воды, поступающей за сутки, задаваемое в свойствах грунта в поле **q (приток воды в дренажный слой за сутки)**;

$T_{\text{зап}}$ — средняя продолжительность запаздывания начала работы водоотводящих устройств, задаваемая в свойствах проекта в поле **Запаздывание работы водоотвода $T_{\text{зап}}$** ;

n — пористость материала, задаваемая в свойствах дренарующего слоя в поле **Пористость**;

$h_{\text{зап}}$ — дополнительная толщина слоя, зависящая от капиллярных свойств материала (задаётся пользователем);

$\phi_{\text{зим}}$ — коэффициент заполнения пор влагой в материале дренирующего слоя к началу оттаивания.



Минимально допустимая толщина дренажного слоя h_{min} для конструкции с прикромочным дренажем рассчитывается с помощью номограмм.

Помимо минимально допустимой толщины дренирующего слоя, в столбце **Дренаж** отображается величина запаса дренирующего слоя, рассчитываемая по формуле:

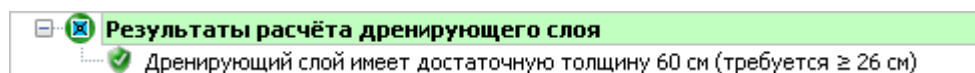
$$\text{Запас} = h_{\text{тек}} - h_{\text{min}},$$

где $h_{\text{тек}}$ — толщина текущего дренирующего слоя конструкции, задаваемая в свойствах слоя в поле **Толщина**;

h_{min} — минимально допустимая толщина дренажного слоя, рассчитываемая по формуле.

Если значение запаса дренирующего слоя больше нуля, то для него в столбце **Дренаж** отображается подсказка в виде значка , в противном случае отображается значок .

В свойствах варианта при расчёте дренирующего слоя конструкции дорожной одежды отображается дополнительная группа **Результаты расчёта дренирующего слоя**, в которой приводится информация о толщине дренирующего слоя и минимально допустимая толщина.





Результаты расчёта дренирующего слоя, отображаемые в инспекторе объектов

Если дренирующий слой имеет недостаточную толщину, то информация выделяется красным цветом.

Замечание

Результаты расчёта, отображаемые в инспекторе объектов, также войдут в текстовый отчёт (► см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», раздел «Формирование отчёта», с. 198) и чертёж (► см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», раздел «Формирование чертежа», с. 188).

Расчёт с учётом геосинтетических защитно-армирующих материалов

Расчёт по прочностным критериям подвержен корректировкам при использовании защитно-армирующих геосинтетических материалов. Чтобы произвести корректировку результатов расчётов с учётом заложенных в конструкцию геосинтетических материалов, нажмите кнопку  **Учитывать в расчётах геосинтетические материалы** на панели инструментов или выполните команду меню **Проект |  Учитывать геосинтетику**.

Назначение и расчётное обоснование конструктивных решений дорожных одежд с прослойками геосинтетических материалов в нижних слоях выполняют в следующем порядке:

1. Формирование конструкции дорожной одежды и расчёт в соответствии с требованиями действующих нормативных документов (ОДН 218.046–01 и др.).
2. Назначение прослойки из геосинтетического материала в конструкцию дорожной одежды.
3. Проверка прочности геосинтетического материала в рамках сформированной конструкции.
4. При необходимости выполняется корректировка по расчётным критериям и/или уточняется конструктивное решение.

Корректировка расчёта на упругий прогиб

Конструкция дорожной одежды считается прочной по критерию упругого прогиба, если выполняется требование:

$$K < \frac{E_{\text{общ}}}{E_{\text{min}}},$$

где K – коэффициент прочности, соответствующий некоторому уровню надёжности;

$E_{\text{общ}}$ – реальный модуль упругости на поверхности конструкции дорожной одежды (некоторый показатель прочности);

E_{min} – требуемый модуль упругости, назначаемый исходя из транспортной нагрузки и климатических особенностей региона проектирования.

При использовании защитно-армирующих геосинтетических материалов возможна корректировка критерия К. В случае, если защитная прослойка (например, из георешётки) располагается определённым образом, армируя основание, то неравенство уточняется в следующем виде:

$$\alpha \cdot K < \frac{E_{\text{общ}}}{E_{\text{min}}},$$

где α – коэффициент усиления, изменяющийся в диапазоне от 0,7 до 1,0 и определяющийся исходя из положения геосинтетического материала (на грунте или на дополнительном слое основания), физико-механических свойств грунта земляного полотна и материалов слоёв, а также параметров расчётной нагрузки.

Информация о расчётном значении коэффициента усиления отображается в области формирования конструкции дорожной одежды в столбце **Прогиб**.

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб
Проект конструкции дорожной одежды				
Вариант № 1				
Верхний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 5 см (5...15)	E _{пов} = 544 МПа	E _{упр} = 3200 МПа Запас = 34%
Средний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 8 см (5...15)	E _{пов} = 459 МПа	E _{упр} = 2000 МПа
Нижний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 22 см (10...22)	E _{пов} = 352 МПа	E _{упр} = 2000 МПа
Основание	Смеси щебёноч... равийно-...	h = 26 см (15...35)	E _{пов} = 122 МПа	E _{упр} = 420 МПа
	Геотекстильное неткананое иглопробивно ...			$\alpha = 0,961$
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		E _{пов} = 46 МПа	E _{упр} = 46 МПа

Отображение значений расчёта конструкции на упругий прогиб с учётом защитно-армирующего геосинтетического материала

Замечание

Значение запаса прочности при расчёте конструкции дорожной одежды по критерию упругого прогиба автоматически пересчитывается с учётом коэффициента усиления α и отображается для верхнего слоя конструкции в столбце **Прогиб**. При добавлении геосинтетического материала достигаемое значение модуля упругости на поверхности может быть значительно меньше, чем это требовалось бы без использования защитно-армирующего геосинтетического материала. А это значит, что можно сэкономить на толщине каких-либо материалов конструктивных слоёв, либо заменить дорогие материалы с высокими прочностными характеристиками более дешёвыми, либо увеличить срок службы дорожной одежды.

Корректировка расчёта на сдвигоустойчивость в грунте

Если защитно-армирующий геосинтетический материал укладывается непосредственно на грунт (в слой основания или дополнительный слой основания), то изменяется коэффициент K_d , учитывающий особенности работы конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания. Этот коэффициент используется при расчёте предельного активного напряжения сдвига $T_{пр}$:

$$T_{пр} = K_d \left(c_n + 0,1 \gamma_{ср} z_{оп} \operatorname{tg} \varphi_{ст} \right).$$

Информация о значении коэффициента K_d с учётом геосинтетического материала отображается в области формирования конструкции в столбце **Сдвиг**.

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Сдвиг
Проект конструкции дорожной одежды				
Вариант № 1				
Верхний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 5 см (5...15)	Е _{пов} = 544 МПа	Е _{сдв} = 1800 МПа
Средний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 8 см (5...15)	Е _{пов} = 459 МПа	Е _{сдв} = 1200 МПа
Нижний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 22 см (10...22)	Е _{пов} = 352 МПа	Е _{сдв} = 1200 МПа
Основание	Смеси щебёноч... равинно-...	h = 26 см (15...35)	Е _{пов} = 122 МПа	Е _{сдв} = 420 МПа
	Геотекстильное неткананое иглопробивно ...		К _д = 1,5	
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		Е _{пов} = 46 МПа	Е _{сдв} = 46 МПа Запас = 75%

Отображение значений расчёта конструкции на сдвигоустойчивость при динамической нагрузке с учётом защитно-армирующего геосинтетического материала

Замечание

Значение запаса прочности при расчёте конструкции дорожной одежды по критерию сдвигоустойчивости при динамической нагрузке автоматически пересчитывается с учётом коэффициента K_d и отображается для грунта в столбце **Сдвиг**. Причём значение может сместиться как в сторону повышения, так и в сторону понижения прочности.

Корректировка расчёта на сопротивление при изгибе

При расчёте конструкции дорожной одежды по критерию сопротивления усталостному разрушению на растяжение при изгибе с учётом защитно-армирующих геосинтетических материалов корректируется вычисление внутреннего вспомогательного параметра:

$$E_{\text{общ}}' = \frac{E_{\text{общ}}}{\alpha},$$

где $E_{\text{общ}}'$ – средневзвешенный модуль упругости;

α – коэффициент усиления (см. подраздел «Корректировка расчёта на упругий прогиб», с. 108).

Информация о значении коэффициента α с учётом геосинтетического материала отображается в области формирования конструкции в столбце **Изгиб**.



Конструкция		Материал	Толщина	Модуль	Изгиб
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Верхний слой покрытия		Асфальто-он горячей укладки	h = 5 см (5...15)	E _{пов} = 544 МПа	E _{изг} = 4500 МПа
Средний слой покрытия		Асфальто-он горячей укладки	h = 8 см (5...15)	E _{пов} = 459 МПа	E _{изг} = 2800 МПа
Нижний слой покрытия		Асфальто-он горячей укладки	h = 22 см (10...22)	E _{пов} = 352 МПа	E _{изг} = 2100 МПа Запас = 51%
Основание		Смеси щебёноч-равийно-...	h = 26 см (15...35)	E _{пов} = 122 МПа	E _{изг} = 420 МПа
		Геотекстильное неткананое иглопробивно...		$\alpha = 0,961$	
Грунт земляного полотна		Супесь пылеватая		E _{пов} = 46 МПа	E _{изг} = 46 МПа

Отображение значений расчёта конструкции на сопротивление при изгибе с учётом защитно-армирующего геосинтетического материала

Замечание

Значение запаса прочности при расчёте конструкции дорожной одежды по критерию сопротивления при изгибе отображается для нижнего слоя в пакете монолитных слоёв в столбце **Изгиб**. Причём значение может сместиться как в сторону повышения, так и в сторону понижения прочности.

Расчёт с учётом геосинтетических защитно-дренирующих материалов

Для улучшения дренажной конструкции система IndorPavement позволяет использовать геосинтетические дренирующие материалы. При назначении защитно-дренирующего геосинтетического материала на границе грунта земляного полотна и конструктивного дренирующего слоя, исходя из варианта его работа на осушение, результат расчёта может уточняться согласно рекомендациям по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. Чтобы произвести корректировку результатов расчётов с учётом заложенных в конструкцию геосинтетических материалов, нажмите кнопку  **Учитывать в расчётах геосинтетические материалы** на панели инструментов или выполните команду меню Проект|  **Учитывать геосинтетику**.

Замечание

Для расчёта конструкции с учётом геосинтетических дренирующих материалов необходимо назначить дренирующему слою такой параметр, как **Тип песка**.

Толщину дренирующего слоя h_{\min} , работающего по принципу осушения, вычисляют по формуле:

$$h_{\min} = h_{\text{нас}} + h_{\text{зап}},$$

где $h_{\text{нас}}$ – толщина слоя, полностью насыщенного водой;

$h_{\text{зап}}$ – дополнительная толщина слоя, зависящая от капиллярных свойств материала.

В случае устройства под дренирующим слоем защитно-дренирующей геосинтетической прослойки значения $h_{\text{нас}}$ и $h_{\text{зап}}$ могут определяться автоматически, исходя из климатических характеристик района, транспортной нагрузки, характеристик дренирующего и защитного материалов (см. [5, гл. 5 «Применение геосинтетических материалов при устройстве и ремонте дорожных одежд, укреплении обочин», раздел «Назначение конструктивных решений»]).

Глава

4

Расчёт жёстких дорожных одежд

В этой главе:

Визуальный анализ расчёта

Расчёт сопротивления при изгибе
цементобетонного покрытия

Расчёт сопротивления при изгибе
цементобетонного основания и
монолитных слоёв покрытия

Определение расчётных
характеристик сборных покрытий
из плит

Расчёт сдвигоустойчивости
основания

Расчёт жёстких дорожных одежд

Расчёт дорожных одежд жёсткого типа выполняют по предельным состояниям, определяющим потерю работоспособности того или иного элемента конструкции, с учётом исходных данных (район проектирования, расчётная нагрузка). Для обеспечения необходимых прочностных характеристик дорожной одежды могут производиться следующие расчёты: расчёт цементобетонного основания или покрытия на сопротивление усталостному разрушению от растяжения при изгибе, расчёт сопротивления при изгибе монолитного покрытия на цементобетонном основании, расчёт на сопротивление при изгибе покрытий из сборных плит, расчёт на сдвигоустойчивость основания конструкций со сборными покрытиями.

В этой главе рассматриваются визуальный анализ результатов расчётов, получаемых в процессе проектирования конструкции дорожной одежды жёсткого типа, и основные виды расчётов конструкций дорожных одежд. Расчёты конструкций дорожной одежды жёсткого типа на сдвигоустойчивость при статической нагрузке, морозоустойчивость и дренирующий слой аналогичны расчётам, применимым к конструкциям нежёсткого типа (← см. гл. 3 «Расчёт нежёстких дорожных одежд», с. 65).

Визуальный анализ расчёта

В области формирования конструкции информация о дорожной одежде представлена в табличном виде. Строками являются слои дорожной одежды, а столбцы содержат краткую информацию о параметрах слоя (материал, толщина, модуль упругости) и результатах расчёта по выбранным критериям.


Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Сдвиг
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Покрытие	Плита железобетон... напряжённая,	h = 10 см (10...50)		Е _{упр} = 32000 МПа	Е _{сдв} = 1600 МПа
Основание	Смеси щебёночно-г... илю-песчаные	h = 20 см (8...40)	Е _з = 135 МПа	Е _{упр} = 950 МПа	Е _{сдв} = 950 МПа Запас = 0,37 МПа
Доп. слой основания	Песок средней крупности, с содержанием	h = 30 см (10...80)	Е _з = 66 МПа	Е _{упр} = 120 МПа	Е _{сдв} = 120 МПа Запас = 28%
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		Е _{пов} = 45 МПа	Е _{упр} = 45 МПа	Е _{сдв} = 45 МПа Запас = 37%


Информация о дорожной одежде жёсткого типа в области формирования конструкции

Замечание


В процессе проектирования при изменении исходных данных, конструкции дорожной одежды или параметров слоёв, составляющих её, все расчётные характеристики в проекте автоматически пересчитываются, что можно наблюдать в области формирования конструкции дорожной одежды и в инспекторе объектов. Таким образом, Вы всегда имеете актуальные данные и можете в любой момент визуально оценить конструкцию.


Рассмотрим подробно каждый столбец.


 **Конструкция.** В этом столбце отображается название слоя конструкции, которое задаётся в свойствах слоя в поле **Название**.


 . В этом столбце схематично показано отображение материала условными знаками, которое заранее определено для каждого материала в библиотеке. Изменить параметры оформления материала можно на закладке **Свойства слоя № (номер слоя)** в группе параметров **Отображение на чертеже** (► см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», раздел «Настройка отображения слоёв на чертеже», с. 189).

Материал. В этом столбце отображается название материала, определённое для него в библиотеке материалов в поле **Полное название**.

 **Толщина.** Для каждого материала в системе заранее определена толщина слоя. Толщину слоя текущей конструкции дорожной одежды можно изменить на закладке **Свойства слоя № (номер слоя)** в поле **Толщина**.

 **Модуль.** В этом столбце для всех слоёв, лежащих ниже слоя жёсткой дорожной одежды, отображается эквивалентный модуль упругости. Для слоя грунта земляного полотна поверхностный модуль упругости принимается равным модулю упругости самого материала.

 **Прогиб.** В столбце отображается значение модуля упругости материала.

 **Сдвиг.** В этом столбце отображается значение модуля упругости материала (для монолитных материалов, асфальтобетонов и цементобетонов отображается модуль упругости материала при расчёте на сдвигоустойчивость, учитывая динамическую нагрузку). Для слабосвязных слоёв основания (если в свойствах слоя установлена опция **Проверить на сдвиг**) и грунтов отображается запас прочности, иллюстрирующий результат этого расчёта в процентном соотношении (► см. гл. 3 «Расчёт нежёстких дорожных одежд», раздел «Расчёт на сдвигоустойчивость», с. 82).


Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Сдвиг
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Покрытие	Мелкозернистый бетон класса В _{тб} 4,8	h = 15 см (10...50)		Е _{упр} = 30000 МПа	Е _{сдв} = 1600 МПа
Основание	Смеси щебёночно-гравийно-песчаные	h = 20 см (8...40)	Е _з = 128 МПа	Е _{упр} = 950 МПа	Е _{сдв} = 950 МПа
Доп. слой основания	Песок средней крупности, с содержанием	h = 25 см (10...80)	Е _з = 62 МПа	Е _{упр} = 120 МПа	Е _{сдв} = 120 МПа Запас = 103%
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		Е _{пов} = 45 МПа	Е _{упр} = 45 МПа	Е _{сдв} = 45 МПа Запас = 56%

Отображение информации при расчёте на сдвигоустойчивость конструкции жёсткой дорожной одежды с цементобетонным покрытием

При расчёте на сдвигоустойчивость конструкции, содержащей бетонные плиты сборных покрытий, также отображается запас прочности основания (► см. раздел «Расчёт сдвигоустойчивости основания», с. 144).

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Сдвиг
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Покрытие	Плита железобетонная напряжённая	h = 10 см (10...50)		Е _{упр} = 32000 МПа	Е _{сдв} = 1600 МПа
Основание	Смеси щебёночно-гравийно-песчаные	h = 20 см (8...40)	Е _з = 135 МПа	Е _{упр} = 950 МПа	Е _{сдв} = 950 МПа Запас = 0,37 МПа
Доп. слой основания	Песок средней крупности, с содержанием	h = 30 см (10...80)	Е _з = 66 МПа	Е _{упр} = 120 МПа	Е _{сдв} = 120 МПа Запас = 28%
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		Е _{пов} = 45 МПа	Е _{упр} = 45 МПа	Е _{сдв} = 45 МПа Запас = 37%

Отображение информации при расчёте на сдвигоустойчивость конструкции жёсткой дорожной одежды с покрытием, формируемым бетонными плитами

 **Изгиб**. В столбце **Изгиб** отображается значение модуля упругости материала (для монолитных материалов, асфальтобетонов и цементобетонов отображается модуль упругости материала при расчёте на сопротивление усталостному разрушению от растяжения при изгибе).

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Изгиб
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Покрывтие	Плита железобетон... напряжённая,	$h = 10$ см (10...50)		$E_{упр} = 32000$ МПа	$E_{изг} = 32000$ МПа
Основание	Смеси щебёночно-г... ийно-песчаные	$h = 20$ см (8...40)	$E_{э} = 135$ МПа	$E_{упр} = 950$ МПа	$E_{изг} = 950$ МПа
Доп. слой основания	Песок средней крупности, с содержанием	$h = 30$ см (10...80)	$E_{э} = 66$ МПа	$E_{упр} = 120$ МПа	$E_{изг} = 120$ МПа
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		$E_{пов} = 45$ МПа	$E_{упр} = 45$ МПа	$E_{изг} = 45$ МПа

Отображение информации при расчёте на изгиб конструкции жёсткой дорожной одежды с покрытием, формируемым бетонными плитами

Для цементобетонного покрытия отображается минимально допустимая толщина слоя h_{min} и запас толщины слоя (► см. раздел «Расчёт сопротивления при изгибе цементобетонного покрытия», с. 121).


Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Изгиб
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Покрывтие	Мелкозернист... бетон класса В тб 4.8	$h = 15$ см (10...50)		$E_{упр} = 30000$ МПа	$h_{min} = 9$ см Запас = 6 см
Основание	Смеси щебёночно-г... ийно-песчаные	$h = 20$ см (8...40)	$E_{э} = 128$ МПа	$E_{упр} = 950$ МПа	$E_{изг} = 950$ МПа
Доп. слой основания	Песок средней крупности, с содержанием	$h = 25$ см (10...80)	$E_{э} = 62$ МПа	$E_{упр} = 120$ МПа	$E_{изг} = 120$ МПа
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		$E_{пов} = 45$ МПа	$E_{упр} = 45$ МПа	$E_{изг} = 45$ МПа



Отображение информации при расчёте на изгиб конструкции жёсткой дорожной одежды с цементобетонным покрытием

Если конструкция дорожной одежды содержит асфальтобетонное покрытие на цементобетонном основании, то для слоя покрытия отображается модуль упругости при расчёте на изгиб и запас прочности слоя в процентном соотношении, а для слоя основания – модуль упругости материала и запас прочности слоя в процентном соотношении (► см. раздел «Расчёт сопротивления при изгибе цементобетонного основания и монолитных слоёв покрытия», с. 130).

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Изгиб
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Покрывтие	Асфальтобетон горячей укладки плотный I марк...	$h = 10$ см (3...15)		$E_{упр} = 3200$ МПа	$h_{min} = 3$ см Запас = 7 см
Конструктивный слой № 2	Тяжёлый бетон класса В тб 6.4	$h = 10$ см (10...50)		$E_{упр} = 39000$ МПа	$E_{изг} = 39000$ МПа Запас = 57%
Нижний слой основания	Смеси щебёночно-гравийно-песчаные и	$h = 20$ см (8...40)	$E_{э} = 100$ МПа	$E_{упр} = 950$ МПа	$E_{изг} = 950$ МПа
Грунт земляного полотна	Супесь пылева...		$E_{пов} = 45$ МПа	$E_{упр} = 45$ МПа	$E_{изг} = 45$ МПа

Отображение информации при расчёте на изгиб конструкции жёсткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием на цементобетонном основании

 **Стат. нагрузка.** В этом столбце отображается значение модуля упругости материала (для асфальтобетонных конструкций отображается модуль упругости материала при расчёте на сдвиг, учитывая статическую нагрузку). Для слабосвязных слоёв основания (если в свойствах слоя установлена опция **Проверить на сдвиг**) и грунтов отображается запас прочности, иллюстрирующий результат этого расчёта в процентном соотношении (▶ см. гл. 3 «Расчёт нежёстких дорожных одежд», раздел «Расчёт на статическую нагрузку», с. 90).

 **Мороз.** При расчёте конструкции дорожной одежды на морозоустойчивость по общему алгоритму в столбце  **Мороз** отображается ожидаемое пучение грунта земляного полотна $I_{пуч}$ и запас морозоустойчивости грунта в сантиметрах.


Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Мороз
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Покрытие	Асфальтобетон горячей укладки	$h = 5 \text{ см}$ (3...15)		$E_{упр} = 2200 \text{ МПа}$	
Верхний слой основания	Мелкозернистый бетон класса В tb 4,8	$h = 10 \text{ см}$ (10...50)		$E_{упр} = 30000 \text{ МПа}$	
Нижний слой основания	Смеси щебёночно-гравийно-песчаные	$h = 20 \text{ см}$ (8...40)	$E_z = 102 \text{ МПа}$	$E_{упр} = 950 \text{ МПа}$	
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		$E_{пов} = 45 \text{ МПа}$	$E_{упр} = 45 \text{ МПа}$	$I_{пуч} = 6 \text{ см}$ Запас = 0 см

Отображение информации при расчёте на морозоустойчивость конструкции дорожной одежды в целом

Если конструкция дорожной одежды рассчитывается на морозоустойчивость с учётом морозозащитного слоя, то в этом столбце отображается минимально допустимая толщина морозозащитного слоя h_{min} и расчётная величина запаса морозозащитного слоя в сантиметрах (▶ см. раздел «Расчёт на морозоустойчивость», с. 148).

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Мороз
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Покрытие	Асфальтобетон горячей укладки	$h = 5 \text{ см}$ (3...15)		$E_{упр} = 2200 \text{ МПа}$	
Верхний слой основания	Мелкозернистый бетон класса В tb 4,8	$h = 10 \text{ см}$ (10...50)		$E_{упр} = 30000 \text{ МПа}$	
Нижний слой основания	Смеси щебёночно-гравийно-песчаные	$h = 10 \text{ см}$ (8...40)	$E_z = 74 \text{ МПа}$	$E_{упр} = 950 \text{ МПа}$	
Доп. слой основания	Песок средней крупности, с содержанием	$h = 10 \text{ см}$ (10...80)	$E_z = 50 \text{ МПа}$	$E_{упр} = 120 \text{ МПа}$	$h_{min} = 0 \text{ см}$ Запас = 10 см
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		$E_{пов} = 45 \text{ МПа}$	$E_{упр} = 45 \text{ МПа}$	

Отображение информации при расчёте конструкции дорожной одежды на морозоустойчивость с учётом морозозащитного слоя

 **Дренаж.** Для дренирующего слоя конструкции в этом столбце отображается минимально допустимая толщина слоя h_{min} , а также расчётная величина запаса дренирующего слоя в сантиметрах (▶ см. гл. 3 «Расчёт нежёстких дорожных одежд», раздел «Расчёт дренирующего слоя», с. 100).

Помимо числовых значений расчётных параметров, в области формирования конструкции отображаются подсказки в виде значков. Значки, выделенные зелёным цветом, обозначают, что конструкция дорожной одежды удовлетворяет выбранным критериям расчёта. Красные значки информируют о том, что конструкция не удовлетворяет критериям расчёта и нужно изменить материалы, положение или толщины слоёв или параметры проекта.



Для некоторых конструкций возможны ситуации, когда для одного критерия отображается сразу несколько подсказок в разных конструктивных слоях.



Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Изгиб
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Покрытие	Асфальтобетон горячей укладки плотный I марк...	h = 10 см (3...15)	E _{упр} = 3200 МПа	h _{min} = 3 см Запас = 7 см	
Верхний слой основания	Тяжёлый бетон класса B tb 1.2	h = 10 см (10...50)	E _{упр} = 16000 МПа	E _{изг} = 16000 МПа Запас = -54%	
Нижний слой основания	Смеси щебёночно-гравийно-песчаные и	h = 20 см (8...40)	E _з = 100 МПа E _{упр} = 950 МПа	E _{изг} = 950 МПа	
Грунт земляного полотна	Супесь пылева...		E _{пов} = 45 МПа E _{упр} = 45 МПа	E _{изг} = 45 МПа	

Отображение подсказок в области формирования конструкции

Рассмотрим варианты отображения подсказок.

Сдвиг.

1. Если запас прочности в процентном соотношении слабосвязных слоёв конструкции дорожной одежды или грунта земляного полотна при динамической нагрузке больше нуля, то в поле отображается значок , в противном случае – значок .

2. При обустройстве покрытия сборными бетонными плитами при расчёте на сдвигоустойчивость производится расчёт основания. Если запас прочности основания в мегапаскалях больше нуля, то в слое основания отображается значок , в противном случае – значок .

Замечание

При расчёте конструкции дорожной одежды на прочность рассчитывается запас прочности. В процентном соотношении запас прочности можно представить обобщённой формулой:

$$\text{Запас} = \frac{K_{\text{расч}} * - K_{\text{тр}} *}{K_{\text{тр}} *} \cdot 100 \%,$$

где $K_{\text{расч}} *$ – расчётный коэффициент прочности конструкции дорожной одежды по заданному критерию расчёта;

$K_{\text{тр}} *$ – требуемый коэффициент прочности конструкции дорожной одежды по заданному критерию расчёта.

Для некоторых расчётов (дренаж, морозоустойчивость, изгиб) запас может быть рассчитан в сантиметрах по формуле:

$$\text{Запас} = h_{\text{тек}} - h_{\text{min}},$$

где $h_{\text{тек}}$ – текущая толщина слоя;

h_{min} – минимально допустимая толщина слоя.



Расчёт на сдвигоустойчивость основания покрытия, формируемого сборными бетонными плитами, включает расчёт запаса прочности основания на сдвигоустойчивость, выражаемого в мегапаскалях:





$$\text{Запас} = Q_{\text{доп}} - Q_{\text{расч}},$$




где $Q_{\text{доп}}$ – максимально допустимое давление на основание;






$Q_{\text{расч}}$ – расчётное давление на основание.




Изгиб.

1. При устройстве конструкции с цементобетонным покрытием подсказка отображается в слое покрытия. Если текущая толщина слоя покрытия не превышает минимально допустимую толщину, то отображается значок , в противном случае – значок .

2. При устройстве конструкции с асфальтобетонным покрытием на цементобетонном основании подсказка отображается в нижнем слое покрытия и в слое цементобетонного основания. В первом случае если текущая толщина покрытия не превышает минимально допустимую толщину, то отображается значок , в противном случае – значок . Во втором случае если запас прочности основания в процентном соотношении больше нуля, то отображается значок , в противном случае – значок .

 **Стат. нагрузка.** Если запас прочности в процентном соотношении слабосвязных слоёв основания или грунта земляного полотна при статической нагрузке больше нуля, то в поле отображается значок , в противном случае – значок .

 **Мороз.** Если при расчёте конструкции на морозоустойчивость по общему алгоритму ожидаемое пучение грунта не превышает допускаемое значение, то в поле отображается значок , в противном случае – значок . Если при расчёте конструкции на морозоустойчивость с учётом морозозащитного слоя текущая толщина морозозащитного слоя не превысила минимально допустимую толщину, то в поле отображается значок , в противном случае – значок .

 **Дренаж.** Если расчётная толщина запаса дренирующего слоя больше нуля, то отображается значок , в противном случае – значок .

Сводка о результатах расчёта по всем заданным критериям отображается в инспекторе объектов на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)**. Чтобы её отобразить, щёлкните мышью в строке **Вариант № (номер варианта)** в области формирования конструкции дорожной одежды. Если конструкция не удовлетворяет какому-либо критерию расчёта, то результаты (например, **Запас прочности**) выделяются красным цветом.

+	Общие параметры варианта конструкции дорожной одежды
+	Параметры для расчёта жёстких дорожных одежд
-	Результаты расчёта варианта конструкции дорожной одежды
	Общая цена варианта = 38,00 у.е.
	Результаты расчёта на сдвигоустойчивость
	Грунт земляного полотна
	Сдвигоустойчивость
	Расчётное активное напряжение сдвига $T = 0,012$ МПа
	Предельное активное напряжение сдвига $T_{пр} = 0,009$ МПа
	Расчётный коэффициент прочности $K_{расч} = 0,800$
	Требуемый коэффициент прочности $K_{тр} = 0,870$
	Запас прочности $(K_{расч} - K_{тр}) / K_{тр} * 100\% = -8\%$
	Результаты расчёта на сопротивление при изгибе
	Покрывтие
	Прочность материала при изгибе $R_n = 3,496$ МПа
	Запас толщины асфальтобетонного покрытия $\Sigma h_a - \Sigma h_{min} = 7$ см
	Конструктивный слой № 2
	Наибольшее растягивающее напряжение $\sigma_r = 2,582$ МПа
	Расчётный коэффициент прочности $K_{расч} = 1,354$
	Требуемый коэффициент прочности $K_{тр} = 0,870$
	Запас прочности $(K_{расч} - K_{тр}) / K_{тр} * 100\% = 56\%$

Результаты расчёта в инспекторе объектов

Расчёт сопротивления при изгибе цементобетонного покрытия


При расчёте конструкции дорожной одежды жёсткого типа с цементобетонным покрытием необходимо выполнение условия прочности, согласно которому многократно возникающие в покрытии напряжения растяжения при изгибе от совместного действия транспортной нагрузки и изменения температуры в течение срока службы не должны превышать наименьшую прочность бетона при изгибе. Напряжения растяжения при изгибе определяют по одной из двух расчётных схем, учитывающих условия контакта плиты с основанием и место расположения нагрузки.










Первую расчётную схему применяют для определения толщины покрытия при условии гарантированной устойчивости земляного полотна и отсутствия неравномерных осадок или вспучивания. Расчётное место приложения нагрузки в дорожном покрытии – продольный внешний край в центре по длине плиты.

Вторую расчётную схему применяют для определения расстояния между поперечными швами, а также толщины плит в особых условиях для дорог низших категорий при заданной длине на участках с ожидаемыми неравномерными осадками или неравномерным пучением грунта земляного полотна.

Произведение расчёта

Чтобы произвести расчёт конструкции с цементобетонным покрытием на сопротивление при изгибе (первая расчётная схема), выполните следующие действия:

1. Установите критерий расчёта, нажав кнопку  **Расчёт на сопротивление при изгибе** на панели инструментов, или выполните одноимённую команду в меню **Проект**.
2. В инспекторе объектов на закладке **Свойства проекта** определите параметры:
 - Равномерно распределённая нагрузка штампа колеса в поле **Давление в шине p** для расчёта напряжения растяжения при изгибе.
 - В поле **Статическая нагрузка от колеса на поверхность** задайте расчётную нагрузку Q .
 - **Число приложений расчётной нагрузки ΣN_p** (← см. гл. 3 «Расчёт нежёстких дорожных одежд», подраздел «Задание расчётных параметров нагрузки», с. 75) для определения требуемой толщины покрытия.

Расчётная нагрузка	
 Двухбаллонное колесо	<input checked="" type="checkbox"/>
 Давление колеса на дорогу	Группа расчётной нагрузки № 1
 Давление в шине p , МПа	0,60
 Диаметр отпечатка шины D (дин.), см	37,00
 Диаметр отпечатка шины D (стат.), см	33,00
 Статическая нагрузка на ось, кН	100,00
 Статическая нагрузка от колеса на поверхность	50,00
 Число приложений расчётной нагрузки ΣN_p	Явное задание
 Значение ΣN_p	400000

Параметры расчётной нагрузки

3. Выделите вариант конструкции дорожной одежды и на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)** в инспекторе объектов задайте параметры расчёта конструкции.
 - В поле **Схема расчёта монолитных цементобетонных покрытий** установите первую схему расчёта.

- В поле **Наличие штыревых соединений в поперечных швах** определите, имеет ли конструкция штыревые соединения. В зависимости от этой опции задаётся коэффициент $K_{шт}$ при расчёте напряжения растяжения при изгибе. При наличии штырей (опция включена) $K_{шт} = 1,0$, при их отсутствии (опция отключена) $K_{шт} = 1,05$.

Параметры для расчёта жёстких дорожных одежд	
Схема расчёта монолитных цементобетонных покрытий	1
Наличие штыревых соединений в поперечных швах	<input checked="" type="checkbox"/>
Коэффициент Пуассона основания	0,30

Параметры расчёта варианта конструкции дорожной одежды жёсткого типа (цементобетонное покрытие) по первой схеме

- В поле **Коэффициент Пуассона основания** задайте коэффициент Пуассона основания μ_0 для расчёта упругой характеристики плиты.
4. Задайте параметры слоя цементобетонного покрытия.

- В поле **Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе** определите класс бетона по прочности B_{tb} .

Параметры монолитного цементобетона	
Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе	6,40
Тип твердения бетона	Естественного твердения
μ (коэффициент Пуассона)	0,20
Краевое армирование	<input checked="" type="checkbox"/>
α (коэффициент температурной деформации бетона),	1,00

Параметры монолитного цементобетонного покрытия при первой расчётной схеме

- Выберите в поле **Тип твердения бетона** один из способов твердения. При выборе пункта **Естественного твердения** коэффициент набора прочности бетона $K_{нп} = 1,2$, пункта **Пропаренный** – $K_{нп} = 1,0$.
- Коэффициент Пуассона, влияющий на упругую характеристику плиты, задайте в поле **μ (коэффициент Пуассона)**.
- В поле **Краевое армирование** можно задать тип армирования: краевое армирование цементобетона или неармированный цементобетон. Неармированное покрытие (опция отключена) задаёт коэффициент $K_M = 1,5$, при краевом армировании покрытия (опция включена) коэффициент $K_M = 1,0$.

- В поле **Модуль упругости E** отображается модуль упругости материала, определённый в библиотеке материалов. При необходимости измените его.

Общие свойства	
Полное название	Мелкозернистый бетон класса B tb 4.8
Тип материала	Монолитный цементобетон
Минимальная толщина слоя, см	10,00
Максимальная толщина слоя, см	50,00
Модуль упругости E, МПа	30000,00
Плотность, кг/м ³	2400,00
Коэффициент уплотнения	1,00

Общие свойства слоя цементобетонного покрытия

- Для всех остальных слоёв конструкции определите модуль упругости материала и толщину слоя.

Расчёт по второй схеме аналогичен. Исключение составляют параметры варианта и дополнительные параметры цементобетона.

- В инспекторе объектов на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)** задайте следующие параметры:

- В поле **Схема расчёта монолитных цементобетонных покрытий** установите вторую схему расчёта.
- В поле **Ожидаемая просадка основания** задайте предполагаемый максимальный уровень просадки основания (земляного полотна). В соответствии с этим значением определяется коэффициент K_C , влияющий на расчёт толщины плиты. При просадке более 15 см $K_C = 1,2$, в остальных случаях $K_C = 1,0$.

Параметры для расчёта жёстких дорожных одежд	
Схема расчёта монолитных цементобетонных покрытий	2
Ожидаемая просадка основания, см	10,00

Параметры расчёта варианта конструкции дорожной одежды жёсткого типа (цементобетонное покрытие) по второй схеме

- Задайте параметры слоя цементобетонного покрытия.

- В поле **Ширина** задайте ширину бетонной плиты.

Параметры монолитного цементобетона	
Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе	6,40
Тип твердения бетона	Естественного твердения
μ (коэффициент Пуассона)	0,20
Краевое армирование	<input checked="" type="checkbox"/>
Ширина, см	200,00
Длина, см	600,00
α (коэффициент температурной деформации бетона)	1,00

Параметры монолитного цементобетонного покрытия при второй расчётной схеме

- В поле **Длина** задайте длину бетонной плиты.

Результаты расчёта по первой схеме



Результаты расчёта конструкции на прочность по критерию сопротивления цементобетонного покрытия усталостному разрушению от растяжения при изгибе отображаются в области формирования конструкции дорожной одежды в столбце **Изгиб** (аналогично расчёту дорожных одежд нежёсткого типа) и на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)** в группе **Результаты расчёта на сопротивление при изгибе**.


В области формирования конструкции в столбце **Изгиб** отображается значение модуля упругости при расчёте на изгиб. Для слоя цементобетонного покрытия выводится значение минимально допустимой толщины слоя h_{\min} и значение запаса толщины слоя, рассчитываемое следующим образом:

$$\text{Запас} = h_{\min} - h_{\text{тек}},$$

где h_{\min} – минимально допустимая расчётная толщина слоя цементобетонного покрытия;

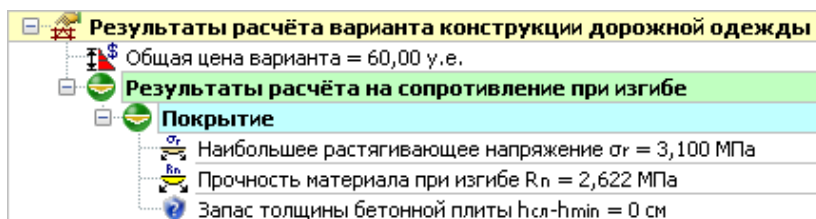
$h_{\text{тек}}$ – текущая толщина слоя покрытия.

Если значение запаса толщины слоя больше нуля, т. е. конструкция удовлетворяет критерию сопротивления при изгибе, то в слое цементобетонного покрытия отображается подсказка в виде значка , в противном случае отображается значок .

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Изгиб
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1 (активный)					
Покрытие	Мелкозернистый бетон класса В... 4.8	$h = 10$ см (10...50)	$E_{\text{упр}} = 30000$ МПа	$E_{\text{упр}} = 30000$ МПа	$h_{\min} = 10$ см Запас = 0 см 
Основание	Смеси щебёночно-гравийно-песчаные и	$h = 20$ см (8...40)	$E_{\text{э}} = 124$ МПа	$E_{\text{упр}} = 950$ МПа	Е изг = 950 МПа
Доп. слой основания	Песок средней крупности, с содержанием	$h = 30$ см (10...80)	$E_{\text{э}} = 60$ МПа	$E_{\text{упр}} = 120$ МПа	Е изг = 120 МПа
Грунт земляного полотна	Супесь пылева...		$E_{\text{пов}} = 40$ МПа	$E_{\text{упр}} = 40$ МПа	Е изг = 40 МПа

Отображение значений расчёта на изгиб в области формирования конструкции (конструкция с цементобетонным покрытием, рассчитанная по первой схеме)

В инспекторе объектов в свойствах варианта при расчёте конструкции на сопротивление при изгибе отображается дополнительная группа **Результаты расчёта на сопротивление при изгибе**, в которой приведён краткий список расчётных величин.



Результаты расчёта конструкции на сопротивление при изгибе, отображаемые в инспекторе объектов (конструкция с цементобетонным покрытием, рассчитанная по первой схеме)

Рассмотрим подробно результаты расчёта по первой расчётной схеме.

- Напряжение растяжения при изгибе σ_r , возникающее в бетонном покрытии от действия нагрузки, с учётом перепада температуры по толщине плиты вычисляется по формуле:

$$\sigma_r = \frac{Q \cdot K_M \cdot 60K_{\text{УСЛ}} \cdot K_{\text{ШТ}}}{h^2 \cdot K_t} \left(0,0592 - 0,2137 \log \frac{R}{l_y} \right),$$

где Q – расчётная нагрузка, задаваемая в параметрах проекта в поле **Статическая нагрузка от колеса на поверхность**;

K_M – коэффициент, учитывающий влияние места расположения нагрузки и определяемый в зависимости от наличия краевого армирования в бетоне (поле **Краевое армирование** в свойствах цементобетонного слоя);

$K_{\text{УСЛ}}$ – коэффициент, учитывающий условия работы, равный 0,66;

$K_{\text{ШТ}}$ – коэффициент, учитывающий влияние штыревых соединений на условия контактирования плит с основанием при наличии в поперечных швах штырей. Коэффициент определяется в соответствии со значением, заданным в свойствах варианта в поле **Наличие штыревых соединений в поперечных швах**;

h – предварительно назначенная толщина плиты, задаваемая в свойствах цементобетонного слоя в поле **Толщина**;

K_t – коэффициент, учитывающий влияние температурного колебания плит, определяемый в соответствии с методическими рекомендациями по проектированию жёстких дорожных одежд (см. [3, табл. 3.4]);

R – радиус отпечатка колеса;

l_y – упругая характеристика плиты.

Радиус отпечатка колеса находится по формуле:

$$R = \sqrt{\frac{Q}{0,1\pi p}},$$

где Q – расчётная нагрузка, задаваемая в параметрах проекта в поле **Статическая нагрузка от колеса на поверхность**;

p – давление в шинах.

Упругая характеристика плиты выражается формулой:

$$l_y = h \cdot \sqrt[3]{\frac{E(1 - \mu_0^2)}{6E_0^3(1 - \mu^2)}},$$

где h – вычисляемая толщина слоя;

E – модуль упругости цементобетона, задаваемый в свойствах цементобетонного слоя в поле **Модуль упругости E** ;

μ_0 – коэффициент Пуассона основания, задаваемый в свойствах варианта в поле **Коэффициент Пуассона основания**;

E_0^3 – эквивалентный модуль упругости основания;

μ – коэффициент Пуассона цементобетона, задаваемый в свойствах цементобетонного слоя в поле **μ (коэффициент Пуассона)**.

Эквивалентный модуль упругости основания определяется путём последовательного приведения к двухслойной модели по следующей формуле:

$$E_0^3 = \frac{E_i}{0,71 \sqrt[3]{\frac{E_{\text{общ}}^{i+1}}{E_i}} \arctan\left(\frac{1,35h_3}{D}\right) + \frac{E_i}{E_{\text{общ}}^{i+1}} \frac{2}{\pi} \cdot \arctan\left(\frac{D}{h_3}\right)},$$

$$\text{где } h_3 = 2h_i \cdot \sqrt[3]{\frac{E_i}{6E_{\text{общ}}^{i+1}}};$$

i – номер рассматриваемого слоя дорожной одежды, считая сверху вниз;

E_i – модуль упругости i -го слоя;

h_i – толщина i -го слоя;

$E_{\text{общ}}$ – эквивалентный модуль упругости слоя, подстилающего i -й слой;

D – диаметр отпечатка колеса или площадки силового контактирования верхнего слоя с нижеследующим, принимаемый равным 50 см.

Определение требуемой толщины плиты цементобетонного покрытия происходит следующим образом. Для нескольких значений толщин покрытия строят график зависимости коэффициента усталости бетона от толщины $K_y = f(h)$ и сравнивают его с величиной $K_y = f(\sum N_p)$. Если величины совпадают или очень близки, то считается, что минимально допустимая толщина слоя найдена.

Коэффициент усталости бетона, зависящий от расчётной нагрузки, вычисляется следующим образом:

$$K_y = f(\sum N_p) = 1,08(\sum N_p)^{-0,063},$$

где $\sum N_p$ – суммарное число приложений расчётной нагрузки (см. гл. 3 «Расчёт нежестких дорожных одежд», подраздел «Задание расчётных параметров нагрузки», с. 75).

Коэффициент усталости бетона, зависящий от толщины, вычисляется по формуле:

$$K_y = f(h) = \frac{\sigma_r \cdot K_{\text{ПР}}}{B_{\text{тб}} \cdot K_{\text{НП}} \cdot K_F},$$

где σ_r – напряжение растяжения при изгибе, возникающее в бетонном покрытии от действия нагрузки, с учётом перепада температуры по толщине плиты;

$K_{\text{ПР}}$ – коэффициент прочности при расчёте на изгиб, вычисляемый в соответствии с методическими рекомендациями по проектированию жестких дорожных одежд (см. [3, табл. 3.1]) и отображаемый в свойствах проекта в поле **Требуемый $K_{\text{ПР}}$ (сдвиг, изгиб)**;

$B_{\text{тб}}$ – класс бетона на растяжение при изгибе, задаваемый в свойствах цементобетонного слоя в поле **Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе**;

$K_{\text{НП}}$ – коэффициент набора прочности бетона, определяемый в зависимости от типа твердения бетона, указанного в свойствах цементобетонного слоя в поле **Тип твердения бетона**;

K_F – коэффициент, учитывающий воздействие попеременного замораживания-оттаивания и равный 0,95.

С помощью графика определяют толщину покрытия h_{min} , соответствующую требуемому $K_y = f(\sum N_p)$.

- Запас толщины слоя аналогичен запасу, отображаемому в области формирования конструкции, и рассчитывается по той же формуле.

Результаты расчёта по второй схеме

При расчёте конструкции с цементобетонным покрытием по второй расчётной схеме результаты расчёта (как и при первой схеме) отображаются в области формирования конструкции и в инспекторе объектов. В области формирования конструкции результаты сгруппированы в столбце **Изгиб**, в инспекторе объектов результаты расчёта объединены на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)** в группе **Результаты расчёта на сопротивление при изгибе**.

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Изгиб
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Покрывтие	Мелкозернистый бетон класса В 4.8	h = 10 см (10...50)		E _{упр} = 30000 МПа	h _{min} = 10 см Запас = 0 см
Основание	Смеси щебёночно-гравийно-песчаные и	h = 20 см (8...40)	E _з = 124 МПа	E _{упр} = 950 МПа	E _{изг} = 950 МПа
Доп. слой основания	Песок средней крупности, с содержанием	h = 30 см (10...80)	E _з = 60 МПа	E _{упр} = 120 МПа	E _{изг} = 120 МПа
Грунт земляного полотна	Супесь пылева...		E _{пов} = 40 МПа	E _{упр} = 40 МПа	E _{изг} = 40 МПа

Отображение значений расчёта на изгиб в области формирования конструкции (конструкция с цементобетонным покрытием, рассчитанная по второй схеме)

В инспекторе объектов отображается запас толщины конструктивного слоя.

Результаты расчёта варианта конструкции дорожной одежды	
Общая цена варианта = 60,00 у.е.	
Результаты расчёта на сопротивление при изгибе	
Покрывтие	
Запас толщины бетонной плиты h _{сл} -h _{min} = 0 см	

Результаты расчёта конструкции на сопротивление при изгибе, отображаемые в инспекторе объектов (конструкция с цементобетонным покрытием, рассчитанная по первой схеме)

При расчёте по второй схеме (в случае опирания плиты на основание в её центральной части) толщина плиты определяется по формуле:

$$h_{\min} = \sqrt{\frac{60K_c \cdot Q}{B \cdot R_n} \left(\frac{A}{4} - R \right)},$$

где K_c – коэффициент скорости потери ровности основания при ожидаемой общей просадке основания (земляного полотна), вычисляемый в соответствии со значением, заданным в свойствах варианта в поле **Ожидаемая просадка основания**;

Q – расчётная нагрузка, задаваемая в параметрах проекта в поле **Статическая нагрузка от колеса на поверхность**;

B – полуширина плиты, вычисляемая в соответствии с полем **Ширина** в свойствах цементобетонного слоя;

R_n – расчётное сопротивление бетона;

A – полудлина плиты, вычисляемая в соответствии с полем **Длина** в свойствах цементобетонного слоя;


R – радиус отпечатка колеса, вычисляемый по формуле, приведённой в предыдущем подразделе.

Расчёт сопротивления при изгибе цементобетонного основания и монолитных слоёв покрытия

Для определения прочностных характеристик конструкции с асфальтобетонным покрытием на цементобетонном основании рассчитывают сопротивление слоёв усталостному разрушению от растяжения при изгибе. В процессе выполнения расчёта решаются две задачи: определение прочности основания и вычисление необходимой толщины асфальтобетонного покрытия, защищающего цементобетонное основание.

Произведение расчёта

Рассмотрим поэтапно произведение расчёта, задав сначала параметры для определения прочности цементобетонного основания, а затем для расчёта асфальтобетонного покрытия.

1. Установите критерий расчёта  **Расчёт на сопротивление при изгибе**, нажав соответствующую кнопку на панели инструментов или выполнив одноимённую команду в меню **Проект**.
2. На закладке **Свойства проекта** задайте следующие параметры:
 - В поле **Амплитуда колебания температуры на поверхности покрытия** задайте значение перепада температуры в течение суток на поверхности асфальтобетонного покрытия, определённое в методических рекомендациях по проектированию жёстких дорожных одежд (см. [3, табл. П. 4.11]). Данный параметр используется для расчёта перепада температур по толщине цементобетонного слоя.
 - Равномерно распределённая нагрузка штампа колеса в поле **Давление в шине p** .
 - В поле **Статическая нагрузка от колеса на поверхность** задайте расчётную нагрузку Q .

- **Число приложений расчётной нагрузки $\sum N_p$** (◀ см. гл. 3 «Расчёт нежёстких дорожных одежд», подраздел «Задание расчётных параметров нагрузки», с. 75).
3. Выделите вариант дорожной одежды в области формирования конструкции и в инспекторе объектов на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)** задайте сцепление между слоем асфальтобетона и цементобетона C_a в поле **Сцепление между слоем асфальтобетона и цементобетона**. При отсутствии гарантированного сцепления принимается $C_a = 0$.

Параметры для расчёта жёстких дорожных одежд	
Сцепление между слоем асфальтобетона и цементобетона	0,20

Параметр расчёта варианта конструкции дорожной одежды жёсткого типа (цементобетонное основание)

4. Для всех монолитных слоёв и асфальтобетонов покрытия определите модуль упругости материала и толщину слоя.
5. В параметрах слоя цементобетонного основания задайте параметры:
- В поле **Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе** определите класс бетона по прочности B_{tb} .

Параметры монолитного цементобетона	
Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе	4,80
Тип твердения бетона	Естественного твердения
μ (коэффициент Пуассона)	0,20
α (коэффициент температурной деформации бетона)	1,00

Параметры монолитного цементобетонного основания

- Выберите в поле **Тип твердения бетона** один из способов твердения. При выборе пункта **Естественного твердения** коэффициент набора прочности бетона $K_{нп} = 1,2$, пункта **Пропаренный** – $K_{нп} = 1,0$.
- Коэффициент Пуассона, влияющий на упругую характеристику плиты, задайте в поле **μ (коэффициент Пуассона)**.
- В поле **α (коэффициент температурной деформации бетона)** задайте коэффициент линейной деформации, влияющий на расчёт напряжения σ_t от перепада температур по толщине слоя.
- В поле **Модуль упругости E** отображается модуль упругости материала, определённый в библиотеке материалов. При необходимости измените его.
- Задайте толщину слоя в поле **Толщина**.

Для расчёта асфальтобетонного покрытия задайте следующие параметры:

6. На закладке **Свойства проекта** определите приведённую интенсивность N_p (← см. гл. 3 «Расчёт нежестких дорожных одежд», подраздел «Задание расчётных параметров нагрузки», с. 75). Этот параметр влияет на расчёт коэффициента усталости K_{ya} , учитывающего многократное приложение нагрузки в течение суток. Если приведённая интенсивность не задана, то система произведёт расчёт конструкции дорожной одежды, используя значение по умолчанию, равное 2000 авт./сут.

	Число приложений расчётной нагрузки ΣN_p	Расчёт по условиям движения
	Значение ΣN_p	5207974
	Тип участка дороги	Полоса движения
	Число полос движения (в обе стороны)	2
	Номер расчётной полосы от обочины	1
	Район по Трдг (количеству дней в году с деформируемой конструкцией)	7 (140 дней) Карта...
	Показатель изменения интенсивности по годам q	1,04
	Способ задания приведённой интенсивности	На последний год службы
	Приведённая интенсивность N_p	Явное задание
	Приведённая интенсивность, авт./сут	5000

Параметры расчётной нагрузки

7. Задайте такие параметры асфальтобетона, как:

- Сопротивление асфальтобетона на растяжение при изгибе определите в поле **Нормативное сопротивление (жёсткое основание) R_d** .

	Изгиб	
	Модуль упругости $E_{расч}$, изгиб, МПа	4500,00
	μ_a Коэффициент Пуассона	0,30
	Нормативное сопротивление (жёсткое основание) R_d , МПа	2,00

Параметры нижнего слоя асфальтобетона в пакете монолитных слоёв покрытия

- В поле **μ_a Коэффициент Пуассона** задайте коэффициент Пуассона асфальтобетона.



Результаты расчёта толщины монолитного покрытия

Результаты расчёта толщины монолитного слоя при расчёте конструкции дорожной одежды жёсткого типа на сопротивление при изгибе отображаются в области формирования конструкции дорожной одежды в столбце **Изгиб** и на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)** в группе **Результаты расчёта на сопротивление при изгибе**.

В столбце **Изгиб** для слоя асфальтобетона отображается минимально допустимая толщина и запас толщины слоя. Если покрытие состоит из нескольких слоёв асфальтобетона, формирующих монолитное покрытие, то минимально допустимая толщина монолитного покрытия и запас толщины отображаются для нижнего слоя покрытия, а для остальных слоёв асфальтобетона выводится модуль упругости при расчёте на изгиб.

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Изгиб
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Покрытие	Асфальтобетон горячей укладки	h = 10 см (3...15)		E _{упр} = 3200 МПа	h _{min} = 3 см Запас = 7 см
Верхний слой основания	Мелкозернистый бетон класса B _{тв} 4.8	h = 12 см (10...50)		E _{упр} = 30000 МПа	Изг = 30000 МПа Запас = 21%
Нижний слой основания	Смеси щебёночно-гравийно-песчаные	h = 20 см (8...40)	E _э = 124 МПа	E _{упр} = 950 МПа	Изг = 950 МПа
Доп. слой основания	Песок средней крупности, с содержанием	h = 30 см (10...80)	E _э = 60 МПа	E _{упр} = 120 МПа	Изг = 120 МПа
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		E _{пов} = 40 МПа	E _{упр} = 40 МПа	Изг = 40 МПа

Отображение значений расчёта на изгиб в области формирования конструкции (конструкция с цементобетонным основанием)

Если текущая толщина слоя асфальтобетона (или сумма толщин нескольких слоёв) не превышает минимально допустимую толщину слоя (или сумму минимально допустимых толщин слоёв), то в слое покрытия отображается значок , в противном случае отображается значок .

Толщина монолитного покрытия вычисляется итеративно. В качестве начальной величины берётся сумма минимальных толщин материалов асфальтобетонных слоёв, заданных в свойствах материала. Толщину слоя проверяют из условия работы на прочность при действии расчётной нагрузки по формуле, отражающей растяжение асфальтобетона в поперечном направлении в призме шириной поверху 2R, понизу (2R+2h_a) и высотой h_a:

$$R_d \cdot K_{ya} \geq \frac{\mu_a [Q - (R + h_a)^2 \pi C_a]}{h_a (2R + h_a)},$$

где R_d – сопротивление асфальтобетона на растяжение при изгибе, задаваемое в свойствах слоя асфальтобетона в поле **Нормативное сопротивление (жёсткое основание)** R_d;

K_{ya} – коэффициент усталости, учитывающий многократное приложение нагрузки в течение суток и рассчитываемый в соответствии с методическими рекомендациями по проектированию жёстких дорожных одежд (см. [3, рис. П. 4.1]);

μ_a – коэффициент Пуассона асфальтобетона, задаваемый в свойствах слоя асфальтобетона в поле **μ_a Коэффициент Пуассона**;

Q – расчётная нагрузка, задаваемая в параметрах проекта в поле **Статическая нагрузка от колеса на поверхность**;

R – радиус отпечатка колеса, вычисляемый по формуле, приведённой в предыдущем подразделе;

h_a – толщина асфальтобетонного слоя;

C_a – сцепление между слоем асфальтобетона и цементобетона, задаваемое в свойствах варианта в поле **Сцепление между слоем асфальтобетона и цементобетона**.

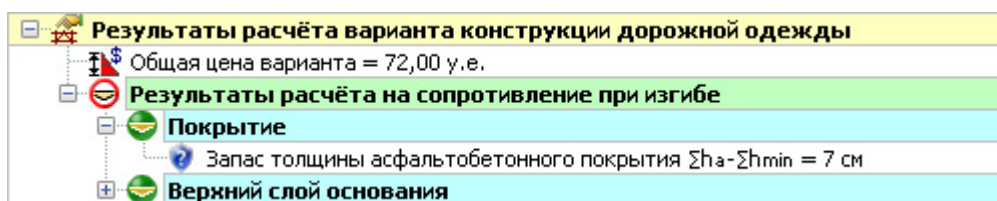
Запас толщины покрытия рассчитывается следующим образом:

$$\text{Запас} = \sum_i h_{a_i} - \sum_i h_{\min_i},$$

где h_{a_i} – текущая толщина i -го слоя асфальтобетона;

h_{\min_i} – минимально допустимая толщина i -го слоя асфальтобетона.

В инспекторе объектов в свойствах варианта при расчёте на сопротивление при изгибе отображается дополнительная группа **Результаты расчёта на сопротивление при изгибе**, в которой содержатся расчётные параметры монолитного покрытия.



Результаты расчёта конструкции на сопротивление при изгибе, отображаемые в инспекторе объектов (конструкция с цементобетонным основанием)

Результаты расчёта прочности цементобетонного основания

Результаты расчёта прочности цементобетонного основания при расчёте конструкции дорожной одежды жёсткого типа на сопротивление при изгибе отображаются в области формирования конструкции дорожной одежды в столбце **Изгиб** и на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)** в группе **Результаты расчёта на сопротивление при изгибе**.

В столбце **Изгиб** для слоя цементобетона отображается модуль упругости при расчёте на изгиб и запас прочности слоя в процентном соотношении, иллюстрирующий результат расчёта. Для всех слоёв, лежащих ниже слоя цементобетона, также отображается модуль упругости при расчёте на изгиб.

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Изгиб
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Покрытие	Асфальтобетон горячей укладки	h = 10 см (3...15)		E _{упр} = 3200 МПа	h _{min} = 3 см Запас = 7 см
Верхний слой основания	Мелкозернистый бетон класса В _{тб} 4,8	h = 12 см (10...50)		E _{упр} = 30000 МПа	Еизг = 30000 МПа Запас = 21%
Нижний слой основания	Смеси щебёночно-гравийно-песчаные	h = 20 см (8...40)	E _э = 124 МПа	E _{упр} = 950 МПа	Еизг = 950 МПа
Доп. слой основания	Песок средней крупности, с содержанием	h = 30 см (10...80)	E _э = 60 МПа	E _{упр} = 120 МПа	Еизг = 120 МПа
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		E _{пов} = 40 МПа	E _{упр} = 40 МПа	Еизг = 40 МПа



Отображение значений расчёта на изгиб в области формирования конструкции (конструкция с цементобетонным основанием)

Запас прочности слоя цементобетона рассчитывается по формуле:

$$\text{Запас} = \frac{K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}}{K_{\text{тр}}} \cdot 100\%,$$

где $K_{\text{расч}}$ – расчётный коэффициент прочности на сопротивление при изгибе;

$K_{\text{тр}}$ – требуемый коэффициент прочности конструкции дорожной одежды по критерию сопротивления при изгибе.

Если значение запаса прочности больше нуля, т.е. слой цементобетона удовлетворяет критерию сопротивления при изгибе, то в этом слое отображается значок , в противном случае отображается значок .

В инспекторе объектов в свойствах варианта при расчёте слоя цементобетона на сопротивление при изгибе отображается дополнительная группа **Результаты расчёта на сопротивление при изгибе**, в которой содержатся расчётные параметры.

Результаты расчёта варианта конструкции дорожной одежды	
Общая цена варианта = 72,00 у.е.	
Результаты расчёта на сопротивление при изгибе	
Покрытие	
Верхний слой основания	
Наибольшее растягивающее напряжение σ_r	$\sigma_r = 1,968$ МПа
Прочность материала при изгибе R_n	$R_n = 2,231$ МПа
Расчётный коэффициент прочности $K_{\text{расч}}$	$K_{\text{расч}} = 1,134$
Требуемый коэффициент прочности $K_{\text{тр}}$	$K_{\text{тр}} = 0,940$
Запас прочности $(K_{\text{расч}} - K_{\text{тр}}) / K_{\text{тр}} \cdot 100\% = 21\%$	

Результаты расчёта конструкции на сопротивление при изгибе, отображаемые в инспекторе объектов (конструкция с цементобетонным основанием)

Рассмотрим подробно результаты расчёта.

- Наибольшее растягивающее напряжение σ_r для слоя основания из цементобетона определяется по формуле:

$$\sigma_r = \sigma_p + \sigma_t,$$

где σ_p – напряжение растяжения при изгибе от действия нагрузки;

σ_t – напряжение от перепада температур по толщине цементобетонного слоя.

Напряжение σ_p растяжения при изгибе от действия нагрузки в данной ситуации вычисляется следующим образом:

$$\sigma_p = \frac{Q \cdot K_M \cdot 60K_{УСЛ} \cdot K_{ШТ}}{H_3^2 \cdot K_t} \left(0,0592 - 0,2137 \log \frac{R}{l_y} \right),$$

где Q – расчётная нагрузка, задаваемая в параметрах проекта в поле **Статическая нагрузка от колеса на поверхность**;

K_M – коэффициент, учитывающий влияние места расположения нагрузки и определяемый в зависимости от наличия краевого армирования в бетоне (поле **Краевое армирование** в свойствах цементобетонного слоя);

$K_{УСЛ}$ – коэффициент, учитывающий условия работы, равный 0,66;

$K_{ШТ}$ – коэффициент, учитывающий влияние штыревых соединений на условия контактирования плит с основанием при наличии в поперечных швах штырей. Коэффициент определяется в соответствии со значением, заданным в свойствах варианта в поле **Наличие штыревых соединений в поперечных швах**;

H_3 – эквивалентная толщина слоя;

K_t – коэффициент, учитывающий влияние температурного колебания плит и определяемый в соответствии с методическими рекомендациями по проектированию жёстких дорожных одежд (см. [3, табл. 3.4]);

R – радиус отпечатка колеса (◀ см. подраздел «Результаты расчёта по первой схеме», с. 125);

l_y – упругая характеристика плиты с учётом H_3 (◀ см. подраздел «Результаты расчёта по первой схеме», с. 125).

Эквивалентная толщина слоя находится по формуле:

$$H_{\text{э}} = h + h_a \cdot \sqrt[3]{\frac{E_a}{E}},$$

где h – толщина слоя цементобетона;

h_a – толщина слоя асфальтобетона;

E_a – расчётный модуль упругости асфальтобетона;

E – модуль упругости цементобетона.

Напряжение σ_t от перепада температур по толщине слоя цементобетона определяется по формуле:

$$\sigma_t = \frac{\alpha \cdot E \cdot \Delta T_b}{2},$$

где α – коэффициент линейной температурной деформации бетона, задаваемый в параметрах слоя цементобетона в поле **α (коэффициент температурной деформации бетона)**;

E – модуль упругости цементобетона;

ΔT_b – перепад температуры по толщине цементобетонного слоя, вычисляемый по следующей формуле:

$$\Delta T_b = A_n \cdot e^{-h_a \cdot \sqrt{\frac{\omega}{2a_{ta}}}} \cdot e^{-h \cdot \sqrt{\frac{\omega}{2a_{tb}}}},$$

где A_n – перепад температуры в течение суток на поверхности асфальтобетонного покрытия;

h_a – толщина слоя асфальтобетона;

ω – угловая частота суточных колебаний температуры, равная 0,26 рад/ч;

a_{ta} – коэффициент температуропроводимости асфальтобетона, равный 0,002 м²/ч;

h – толщина слоя цементобетона;

a_{tb} – коэффициент температуропроводимости цементобетона, равный 0,004 м²/ч.

- Прочность материала при изгибе R_n вычисляется по следующей формуле:

$$R_n = B_{tb} \cdot K_{НП} \cdot K_y \cdot K_F,$$

где B_{tb} – класс бетона на растяжение при изгибе, задаваемый в свойствах цементобетонного слоя в поле **Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе**;

$K_{НП}$ – коэффициент набора прочности бетона, определяемый в зависимости от указанного типа твердения бетона в свойствах цементобетонного слоя в поле **Тип твердения бетона**;

K_y – коэффициент усталости бетона при повторном нагружении;

K_F – коэффициент, учитывающий воздействие попеременного замораживания-оттаивания и равный 0,95.

- Расчётный коэффициент прочности $K_{расч}$ при расчёте на сопротивление при изгибе, вычисляемый по формуле:

$$K_{расч} = \frac{R_n}{\sigma_p + \sigma_t},$$

где R_n – прочность материала при изгибе;

σ_p – напряжение растяжения при изгибе от действия нагрузки;

σ_t – напряжение от перепада температур по толщине цементобетонного слоя.


- Требуемый коэффициент прочности $K_{тр}$ при расчёте на сопротивление при изгибе, определяемый в соответствии с методическими рекомендациями по проектированию жёстких дорожных одежд (см. [3, табл. 3.1]).
- Запас прочности слоя (как в области формирования конструкции дорожной одежды).



Определение расчётных характеристик сборных покрытий из плит

При расчёте сборных покрытий учитываются условия прочности бетона на изгиб краевых участков плит и в центре плиты, определяемые набором расчётных характеристик.

Произведение расчёта

Чтобы вычислить расчётные характеристики, выполните следующие действия:

1. Установите критерий расчёта  **Расчёт на сопротивление при изгибе**, нажав соответствующую кнопку на панели инструментов или выполнив одноимённую команду в меню **Проект**.
2. На закладке **Свойства проекта** задайте параметры:
 - Для определения полудлины и полуширины отпечатка колеса, отнесённых к нейтральной линии плиты, задайте расстояние между колёсами в поле **Расстояние между спаренными колёсами**.
 - В поле **Статическая нагрузка от колеса на поверхность** задайте расчётную нагрузку Q .
3. На закладке **Свойства варианта № (номер варианта)** задайте коэффициент Пуассона основания μ_0 для расчёта упругой характеристики плиты в поле **Коэффициент Пуассона основания**.

Параметры для расчёта жёстких дорожных одежд	
 Наличие штыревых соединений в поперечных швах	<input checked="" type="checkbox"/>
 Коэффициент Пуассона основания	0,30

Параметр расчёта варианта конструкции дорожной одежды жёсткого типа (плиты сборных покрытий)

4. В параметрах бетонной плиты покрытия определите такие параметры, как:
 - Коэффициент Пуассона, влияющий на упругую характеристику плиты, задайте в поле μ (**коэффициент Пуассона**).

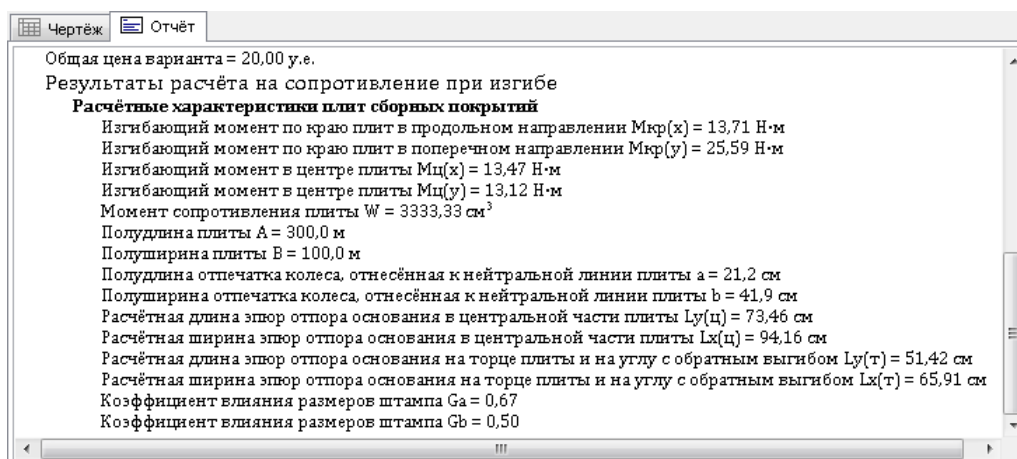
Параметры бетонной плиты	
 μ (коэффициент Пуассона)	0,20
 Ширина, см	200,00
 Длина, см	600,00
 Вес, кг	4000,00
 Преднапряжённая плита	<input checked="" type="checkbox"/>

Параметры бетонной плиты

- В поле **Ширина** задайте ширину бетонной плиты.
- В поле **Длина** задайте длину бетонной плиты.
- Установка опции **Преднапряжённая плита** влияет на определение изгибающего момента от монтажных нагрузок.
- В поле **Модуль упругости E** отображается модуль упругости материала, определённый в библиотеке материалов. При необходимости измените его.
- Задаёте толщину слоя в поле **Толщина**.

Результаты расчёта

Значения расчётных параметров отображаются в сформированном отчёте на закладке **Отчёт** главного окна системы. Параметры объединены заголовком **Результаты расчёта на сопротивление при изгибе**. Обратите внимание, что в области формирования конструкции, свойствах варианта и чертеже расчётные параметры, иллюстрирующие результат расчёта, не отображаются.



Отображение значений расчётных параметров в области предварительного просмотра отчётной документации

Рассмотрим подробно расчётные параметры.

- Изгибающий момент по краю плит в продольном направлении M_x^{KP} рассчитывается по формуле:

$$M_x^{KP} = \frac{0,318Q \cdot L_x^{\text{ц}} \cdot G_a}{L_y^T + b},$$

где Q – расчётная нагрузка, задаваемая в параметрах проекта в поле **Статическая нагрузка от колеса на поверхность**;

$L_x^{\text{ц}}$ – расчётная длина эпюр отпора основания в центральной части плиты;

G_a – коэффициент влияния размеров штампа;

L_y^T – расчётная ширина эпюр отпора основания на торце плиты и на углу с обратным выгибом;

b – полуширина отпечатка колеса, отнесённая к нейтральной линии плиты.

- Изгибающий момент по краю плит в поперечном направлении M_y^{KP} рассчитывается следующим образом:

$$M_y^{KP} = \frac{0,318Q \cdot L_y^{\Pi} \cdot G_b}{L_x^T + a},$$

где Q – расчётная нагрузка, задаваемая в параметрах проекта в поле **Статическая нагрузка от колеса на поверхность**;

L_y^{Π} – расчётная ширина эпюр отпора основания в центральной части плиты;

G_b – коэффициент влияния размеров штампа;

L_x^T – расчётная длина эпюр отпора основания на торце плиты и на углу с обратным выгибом;

a – полудлина отпечатка колеса, отнесённая к нейтральной линии плиты.

Замечание

При расчёте ненапряжённых плит длиной более двух метров изгибающий момент находится по формуле:

$$M_y^{KP} = \frac{0,295QL_x^T}{L_y^{\Pi} + b} \left(1 - 2,78 \frac{1}{L_x^T} \right),$$

где Q – расчётная нагрузка, задаваемая в параметрах проекта в поле **Статическая нагрузка от колеса на поверхность**;

L_x^T – расчётная длина эпюр отпора основания на торце плиты и на углу с обратным выгибом;

L_y^{Π} – расчётная ширина эпюр отпора основания в центральной части плиты;

b – полуширина отпечатка колеса, отнесённая к нейтральной линии плиты.

- Изгибающий момент в центре плиты в продольном направлении M_x^{Π} определяется по формуле:

$$M_x^{\Pi} = 0,159Q \left(\frac{L_x^{\Pi}}{L_y^{\Pi}} G_a + \mu \frac{L_y^{\Pi}}{L_x^{\Pi}} G_b \right),$$

где Q – расчётная нагрузка, задаваемая в параметрах проекта в поле **Статическая нагрузка от колеса на поверхность**;

L_y^{Π} – расчётная ширина эпюр отпора основания в центральной части плиты;

L_x^{Π} – расчётная длина эпюр отпора основания в центральной части плиты;

G_a, G_b – коэффициенты влияния размеров штампа.

- Изгибающий момент в центре плиты в поперечном направлении M_y^{Π} определяется по формуле:

$$M_y^{\Pi} = 0,159Q \frac{L_y^{\Pi}}{L_x^{\Pi}} G_b,$$

где Q – расчётная нагрузка, задаваемая в параметрах проекта в поле **Статическая нагрузка от колеса на поверхность**;

L_y^{Π} – расчётная ширина эпюр отпора основания в центральной части плиты;

L_x^{Π} – расчётная длина эпюр отпора основания в центральной части плиты;

G_b – коэффициент влияния размеров штампа.

- Момент сопротивления плиты рассчитывается следующим образом:

$$W = \frac{2B \cdot h^2}{6},$$

где B – полуширина плиты;

h – толщина плиты.

- Полудлина отпечатка колеса, отнесённая к нейтральной линии плиты, вычисляется по формуле:

$$a = 0,87R + 0,5h,$$

где R – радиус отпечатка колеса (◀ см. подраздел «Результаты расчёта по первой схеме», с. 125);

h – толщина плиты.

- Полуширина отпечатка колеса, отнесённая к нейтральной линии плиты, вычисляется по формуле:

$$b = 1,5R + 0,5h + 0,5b',$$

где R – радиус отпечатка колеса (◀ см. подраздел «Результаты расчёта по первой схеме», с. 125);

h – толщина плиты;

b' – расстояние между отпечатками колёс, задаваемое в параметрах проекта в поле **Расстояние между спаренными колёсами**.

- Расчётная длина и ширина эпюр отпора основания в центральной части плиты L_x^{Π} и L_y^{Π} рассчитываются по формулам:

$$L_x^{\Pi} = 2,5l_y^x + a, \quad L_y^{\Pi} = 2,5l_y^y + b,$$

где l_y^x и l_y^y – упругая характеристика плиты, вычисляемая в подразделе «Результаты расчёта по первой схеме», с. 125;

a – полудлина отпечатка колеса, отнесённая к нейтральной линии плиты;

b – полуширина отпечатка колеса, отнесённая к нейтральной линии плиты.

- Расчётная длина и ширина эпюр отпора основания на торце плиты и на углу с обратным выгибом L_x^T и L_y^T находятся по следующим формулам:

$$L_x^T = 0,7L_x^{\Pi}, \quad L_y^T = 0,7L_y^{\Pi},$$

где L_x^{Π} – расчётная длина эпюр отпора основания в центральной части плиты;

L_y^{Π} – расчётная ширина эпюр отпора основания в центральной части плиты.

- Коэффициенты влияния размеров штампа G_a и G_b находятся по следующим формулам:

$$G_a = 1 - 1,136 \frac{a}{L_x^{\Pi}}, \quad G_b = 1,136 \frac{b}{L_y^{\Pi}},$$

где a – полудлина отпечатка колеса, отнесённая к нейтральной линии плиты;

L_x^{Π} – расчётная длина эпюр отпора основания в центральной части плиты;

b – полуширина отпечатка колеса, отнесённая к нейтральной линии плиты;


L_y^{Π} – расчётная ширина эпюр отпора основания в центральной части плиты.

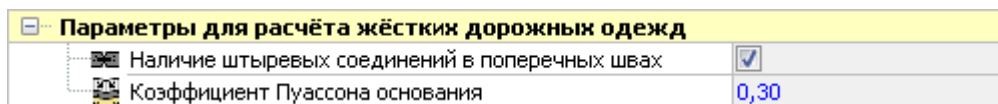
Расчёт сдвигоустойчивости основания

При обустройстве покрытия дорожной одежды из сборных плит необходимо учитывать сдвигоустойчивость основания. Критерием устойчивости основания можно считать его устойчивость по сдвигу и отсутствие недопустимых деформаций под торцами плит к концу расчётного срока службы.

Произведение расчёта

Чтобы обеспечить конструкцию дорожной одежды, содержащую плиты сборных покрытий, устойчивой по критерию сдвигоустойчивости основания при динамической нагрузке, произведите следующий расчёт:

1. Установите критерий расчёта  **Расчёт на сдвигоустойчивость**, нажав соответствующую кнопку на панели инструментов или выполнив одноимённую команду в меню **Проект**.
2. В инспекторе объектов на закладке **Свойства проекта** задайте параметры:
 - В поле **Статическая нагрузка от колеса на поверхность** задайте расчётную нагрузку Q .
 - Для расчёта расстояния между колёсами задайте нужное значение в поле **Расстояние между спаренными колёсами**.
3. Выделите вариант дорожной одежды в области формирования конструкции и в инспекторе объектов на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)** задайте следующие параметры:
 - В поле **Наличие штыревых соединений в поперечных швах** определите, имеет ли конструкция штыревые соединения. В зависимости от этой опции задаётся коэффициент m_{CT} при расчёте сдвигоустойчивости основания. При наличии штырей (опция включена) $m_{CT} = 0,7$, при их отсутствии (опция отключена) $m_{CT} = 1,0$.
 - В поле **Коэффициент Пуассона основания** задайте коэффициент Пуассона основания μ_0 для расчёта упругой характеристики плиты.



Параметр расчёта варианта конструкции дорожной одежды жёсткого типа (плиты сборных покрытий)

4. В параметрах бетонной плиты покрытия определите такие параметры, как:

- Коэффициент Пуассона, влияющий на упругую характеристику плиты, задайте в поле **μ (коэффициент Пуассона)**.

Параметры бетонной плиты	
Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе	3,60
Тип твердения бетона	Естественного твердения
μ (коэффициент Пуассона)	0,20
Краевое армирование	<input checked="" type="checkbox"/>
Ширина, см	200,00
Длина, см	600,00
Вес, кг	4000,00
Преднапряжённая плита	<input checked="" type="checkbox"/>

Параметры бетонной плиты

- В поле **Ширина** задайте ширину бетонной плиты.
 - В поле **Длина** задайте длину бетонной плиты.
 - Вес плиты укажите в поле **Вес**.
 - В поле **Модуль упругости E** отображается модуль упругости материала, определённый в библиотеке материалов. При необходимости измените его.
 - Задайте толщину слоя в поле **Толщина**.
5. Для всех остальных слоёв конструкции определите модуль упругости материала и толщину слоя.
6. В инспекторе объектов на закладке **Свойства грунта** определите следующие параметры:
- В поле **Плотность** задайте удельный вес грунта земляного полотна.
 - В поле **Сцепление c_n** задайте удельное сцепление грунта.

Результаты расчёта

Результаты расчёта конструкции по критерию сдвигоустойчивости основания, подстилающего плиты сборных покрытий, отображаются в области формирования конструкции в столбце **Сдвиг** и на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)** в группе **Результаты расчёта на сдвигоустойчивость**.

В области формирования конструкции дорожной одежды в столбце **Сдвиг** для слабосвязных слоёв и грунта земляного полотна отображается значение модуля упругости и запас прочности в процентном соотношении, иллюстрирующий расчёт на сдвигоустойчивость по ОДН 218.046–01 «Проектирование нежёстких дорожных одежд». В слое основания, подстилающего покрытие из сборных бетонных плит, отображается модуль упругости при расчёте на сдвигоустойчивость (динамическая нагрузка) и запас проч-

ности слоя в мегапаскалях, иллюстрирующий результат расчёта основания на сдвигоустойчивость в соответствии с методическими рекомендациями по проектированию жёстких дорожных одежд.

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Сдвиг
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1 (активный)					
Покрыв.	Плита железобетонная напряжённая, из	h = 10 см (10...50)		E _{упр} = 32000 МПа	E _{сдв} = 1600 МПа
Основание	Смеси щебёночно-гравийно-песчаные и	h = 20 см (8...40)	E _з = 228 МПа	E _{упр} = 950 МПа	E _{сдв} = 950 МПа Запас = 0,20 МПа
Доп. слой основания	Песок средней крупности, с содержанием	h = 40 см (10...80)	E _з = 137 МПа	E _{упр} = 120 МПа	E _{сдв} = 120 МПа Запас = 9%
Грунт земляного полотна	Материал		E _{пов} = 600 МПа	E _{упр} = 600 МПа	E _{сдв} = 600 МПа Запас = 5%

Отображение значений расчёта на сдвигоустойчивость конструкции дорожной одежды жёсткого типа в области формирования конструкции

Запас прочности слоя основания рассчитывается по формуле:

$$\text{Запас} = Q_{\text{доп}} - Q_{\text{расч}},$$

где $Q_{\text{доп}}$ – максимально допустимое давление на основание;

$Q_{\text{расч}}$ – расчётное давление на основание.

Расчётное давление для плит длиной более $15h$ определяется формулой:

$$Q_{\text{расч}} = \frac{27,4Q \cdot m_{\text{СТ}}}{L_x^T \cdot L_y^T},$$

где Q – расчётная нагрузка, задаваемая в параметрах проекта в поле **Статическая нагрузка от колеса на поверхность**;

L_x^T и L_y^T – расчётная длина и ширина эпюр отпора основания;

$m_{\text{СТ}}$ – коэффициент, учитывающий влияние стыковых соединений и рассчитывающийся в соответствии с заданной опцией варианта в поле **Наличие штыревых соединений в поперечных швах**. Если опция установлена, то коэффициент $m_{\text{СТ}} = 0,7$, в противном случае $m_{\text{СТ}} = 1,0$.

Для плит длиной от $8h$ до $15h$ расчётное давление можно вычислить по формуле:

$$Q_{\text{расч}} = 10 \left(\frac{Q + Q'}{4AB} + \frac{3Q(A - a)}{4A^2B} + \frac{3Q(B - b)}{4AB^2} \right),$$

где Q – расчётная нагрузка, задаваемая в параметрах проекта в поле **Статическая нагрузка от колеса на поверхность**;

Q' – вес плиты, задаваемый в параметрах бетонной плиты в поле **Вес**;

A и B – полудлина и полуширина плиты;

a и b – полудлина и полуширина отпечатка колеса, отнесённые к нейтральной линии плиты.

Допустимое давление на основание рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{доп}} = \frac{m}{100K_H} \cdot [n_j A_1 \cdot L_y^T \gamma_{\text{ГР}} + n_q A_2 (h + h_0 + h_{\text{ВС}}) \gamma_{\text{ГР}} + n_c A_3 c_n],$$

где m – коэффициент, учитывающий условия работы;

K_H – коэффициент надёжности, равный 1,1;

n_j , n_q , n_c – коэффициенты, учитывающие размеры площадки нагружения;

A_1 , A_2 , A_3 – безразмерные коэффициенты, зависящие от угла внутреннего трения, задаваемого в параметрах грунта земляного полотна в поле **Угол внутреннего трения φ** ;

L_y^T – расчётная ширина эпюр отпора основания;

$\gamma_{\text{ГР}}$ – удельный вес грунта, задаваемый в параметрах грунта земляного полотна в поле **Плотность**;



h , h_0 – определяются в соответствии с методическими рекомендациями по проектированию жёстких дорожных одежд;

$h_{\text{ВС}}$ – толщина выравнивающего слоя;

c_n – удельное сцепление грунта основания, задаваемое в параметрах грунта земляного полотна в поле **Сцепление c_n** .

Коэффициенты, учитывающие размеры площадки нагружения, можно вычислить следующим образом:

$$n_j = 1 - \frac{0,25L_y^T}{L_x^T}, \quad n_q = 1 + \frac{1,5L_y^T}{L_x^T}, \quad n_c = 1 + \frac{0,3L_y^T}{L_x^T}.$$

Если значение запаса прочности больше нуля, т. е. параметры конструкции удовлетворяют критерию расчёта, то в соответствующих слоях отображается значок , в противном случае – значок .

В инспекторе объектов в свойствах варианта отображается дополнительная группа **Результаты расчёта на сдвигоустойчивость**. В ней для каждого слоя, участвующего в расчёте, приведён более подробный отчёт о расчётных параметрах.

Результаты расчёта варианта конструкции дорожной одежды	
Общая цена варианта = 70,00 у.е.	
Результаты расчёта на сдвигоустойчивость	
Расчёт основания	
Сдвигоустойчивость	
Запас прочности $Q_{расч} - Q_{доп} = 0,20$ МПа	
Доп. слой основания	
Сдвигоустойчивость	
Расчётное активное напряжение сдвига $T = 0,023$ МПа	
Предельное активное напряжение сдвига $T_{пр} = 0,022$ МПа	
Расчётный коэффициент прочности $K_{расч} = 0,951$	
Требуемый коэффициент прочности $K_{тр} = 0,870$	
Запас прочности $(K_{расч} - K_{тр}) / K_{тр} * 100\% = 9\%$	
Грунт земляного полотна	
Сдвигоустойчивость	
Расчётное активное напряжение сдвига $T = 0,014$ МПа	
Предельное активное напряжение сдвига $T_{пр} = 0,012$ МПа	
Расчётный коэффициент прочности $K_{расч} = 0,913$	
Требуемый коэффициент прочности $K_{тр} = 0,870$	
Запас прочности $(K_{расч} - K_{тр}) / K_{тр} * 100\% = 5\%$	

Результаты расчёта конструкции дорожной одежды жёсткого типа на сдвигоустойчивость, отображаемые в инспекторе объектов

Расчёт на морозоустойчивость

Расчёт конструкций дорожной одежды жёсткого типа на морозоустойчивость выполняется в соответствии с ОДН 218.046–01 по двум алгоритмам: общий алгоритм и алгоритм с учётом морозозащитного слоя (← см. гл. 3 «Расчёт нежёстких дорожных одежд», раздел «Расчёт на морозоустойчивость», с. 93). Если конструкция дорожной одежды имеет жёсткое покрытие, то допустимая величина пучения грунта принимается из следующих условий:

- Для цементобетонных покрытий при эксплуатации по первой расчётной схеме и для сборных покрытий из железобетонных ненапряжённых плит длиной более $25h$ $l_{доп} = 3$ см.
- Для цементобетонных покрытий при эксплуатации по второй расчётной схеме и для сборных покрытий из железобетонных ненапряжённых плит длиной менее $25h$, а также для сочленённых и предварительно напряжённых плит допустимая величина пучения грунта $l_{доп}$ зависит от наличия штыревых соединений.
 - При отсутствии в поперечных швах стыков $l_{доп} = 4$ см.
 - При наличии в поперечных швах стыков $l_{доп} = 6$ см.

Глава

5

Технико- экономический анализ результатов

В этой главе:

Работа с несколькими вариантами конструкций

Мастер создания конструкций

Оптимизация конструкции дорожной одежды

Технико-экономический анализ результатов

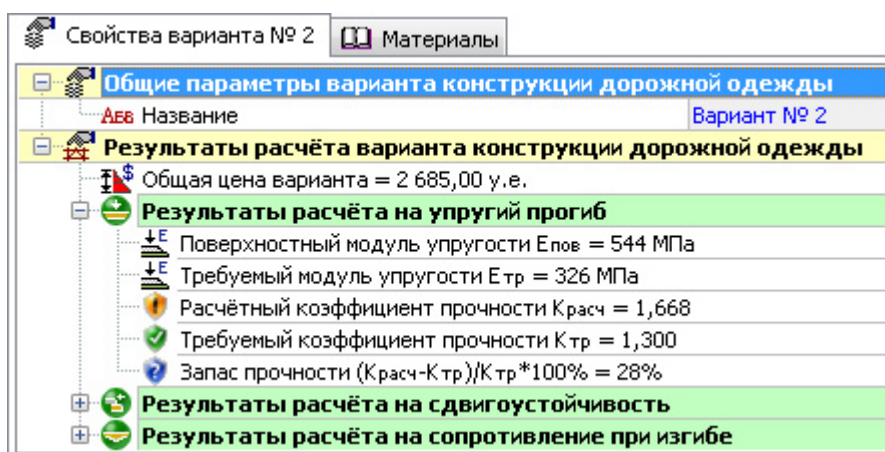
Работа с несколькими вариантами конструкций

Для технико-экономической оценки конструкции дорожной одежды зачастую создают альтернативные варианты. В системе IndorPavement оцениваемая конструкция дорожной одежды и все её альтернативные варианты могут располагаться в одном проекте. Каждый вариант может иметь любое количество конструктивных слоёв.

Команды для работы с вариантами конструкции доступны в меню **Вариант** и на панели инструментов. В этом разделе будем ссылаться на кнопки панели инструментов.

Активный вариант

Один из вариантов конструкции является **активным**, что отображается рядом с его названием в скобках. В каждый момент времени активным может быть только один вариант конструкции, с которым можно совершать различные операции (копирование, удаление, перемещение). Параметры активного варианта отображаются в инспекторе объектов на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)** и представляют собой информацию о расчёте конструкции дорожной одежды по заданным критериям.



Информация о расчёте активного варианта

Чтобы сделать вариант активным, щёлкните мышью на его названии в области формирования конструкции дорожной одежды.

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб	Сдвиг
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Верхний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 9 см	Е _{пов} = 445 МПа	Е _{упр} = 3200 МПа Запас = 5%	Е _{сдв} = 1800 МПа
Средний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 8 см	Е _{пов} = 291 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа	Е _{сдв} = 1200 МПа
Нижний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 10 см	Е _{пов} = 206 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа	Е _{сдв} = 1200 МПа
Основание	Смеси щебёноч... равийно...	h = 26 см	Е _{пов} = 122 МПа	Е _{упр} = 420 МПа	Е _{сдв} = 420 МПа
Вариант № 2 (активный)					
Верхний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 5 см	Е _{пов} = 544 МПа	Е _{упр} = 3200 МПа Запас = 28%	Е _{сдв} = 1800 МПа
Средний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 8 см	Е _{пов} = 459 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа	Е _{сдв} = 1200 МПа
Нижний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 22 см	Е _{пов} = 352 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа	Е _{сдв} = 1200 МПа
Основание	Смеси щебёноч... равийно...	h = 26 см	Е _{пов} = 122 МПа	Е _{упр} = 420 МПа	Е _{сдв} = 420 МПа
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		Е _{пов} = 46 МПа	Е _{упр} = 46 МПа	1: Е _{сдв} = 46 ... Запас = 8% 2: Е _{сдв} = 46 ... Запас = 51%

Определение активного варианта

Слои варианта

В области формирования конструкции дорожной одежды конструктивные слои располагаются в секции варианта. Если в данный момент вариант конструкции не используется, то его вложенные слои можно скрыть, нажав кнопку . Для обратной операции нажмите кнопку .

Конструкция	Материал	Толщина	Модуль	Прогиб
Проект конструкции дорожной одежды				
Вариант № 1				
Верхний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 9 см	Е _{пов} = 445 МПа	Е _{упр} = 3200 МПа Запас = 5%
Средний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 8 см	Е _{пов} = 291 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа
Нижний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 10 см	Е _{пов} = 206 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа
Основание	Смеси щебёноч... равийно...	h = 26 см	Е _{пов} = 122 МПа	Е _{упр} = 420 МПа
Вариант № 2				
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		Е _{пов} = 46 МПа	Е _{упр} = 46 МПа

Представление вариантов в области формирования конструкции дорожной одежды

Грунт земляного полотна представляет собой отдельный слой, не принадлежащий конкретному варианту, а относящийся ко всему проекту дорожной одежды.

Параметры варианта

При выделении варианта в области формирования конструкции дорожной одежды его параметры отображаются в инспекторе объектов на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)**.

В группе **Общие параметры варианта конструкции дорожной одежды** отображается название варианта. Если название варианта задавалось системой автоматически, то поле **Название** отображается пустым.

Группа **Параметры для расчёта жёстких дорожных одежд** объединяет параметры, влияющие на расчётные характеристики конструкции жёсткой дорожной одежды. Вы можете задать различные параметры для разных вариантов конструкций с целью технико-экономического анализа. Если конструкция не содержит материалов жёстких дорожных одежд, то данная группа недоступна.

- Если конструкция дорожной одежды содержит монолитный цементобетон в качестве покрытия, то в поле **Схема расчёта монолитных цементобетонных покрытий** можно задать первую или вторую схему расчёта.

При выборе первой схемы доступны следующие параметры:

- Для учёта в проектируемой конструкции штыревых соединений в поперечных швах установите опцию **Наличие штыревых соединений в поперечных швах**.

Параметры для расчёта жёстких дорожных одежд		
	Схема расчёта монолитных цементобетонных покрытий	1
	Наличие штыревых соединений в поперечных швах	<input checked="" type="checkbox"/>
	Коэффициент Пуассона основания	0,30

Параметры варианта конструкции жёсткой дорожной одежды с цементобетонным покрытием при расчёте по первой схеме

- Коэффициент Пуассона для расчёта упругой характеристики основания можно задать в поле **Коэффициент Пуассона основания**.

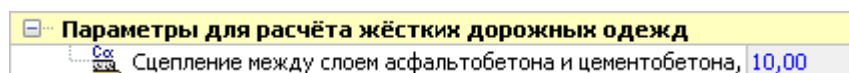
Если установлена вторая расчётная схема, то доступны следующие параметры:

- При эксплуатации грунты могут сжиматься под действием прикладываемых нагрузок, в результате чего конструкция опускается на определённую величину, что может повлечь различные деформации. Ожидаемую просадку основания можно задать в поле **Ожидаемая просадка основания**.

Параметры для расчёта жёстких дорожных одежд		
	Схема расчёта монолитных цементобетонных покрытий	2
	Ожидаемая просадка основания, см	10,00

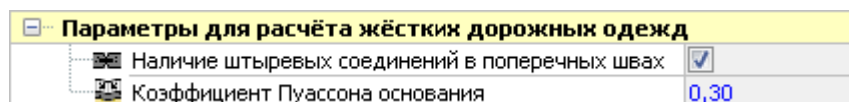
Параметры варианта конструкции жёсткой дорожной одежды с цементобетонным покрытием при расчёте по второй схеме

- Если конструкция дорожной одежды содержит монолитный цементобетон в качестве слоя основания асфальтобетонного покрытия, то доступен параметр:
 - Сцепление между слоем асфальтобетона и цементобетона C_a для определения допустимой толщины асфальтобетонного покрытия задаётся в поле **Сцепление между слоем асфальтобетона и цементобетона**.



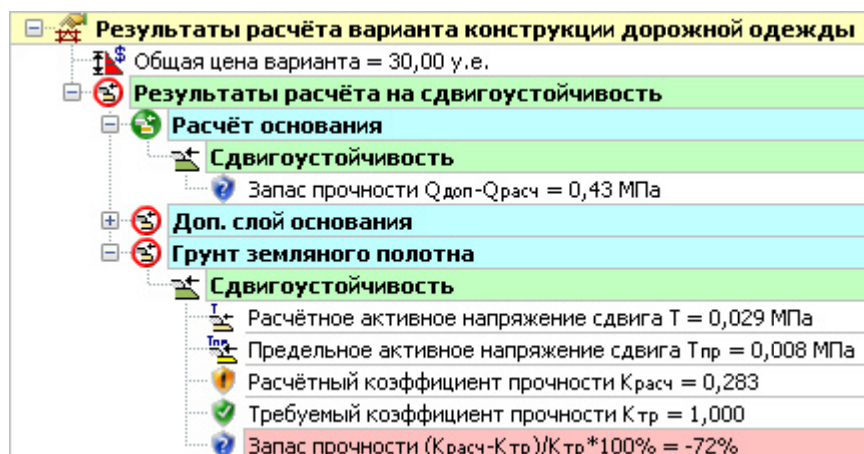
Параметр варианта конструкции жёсткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием на цементобетонном основании

- Если конструкция дорожной одежды содержит в качестве покрытия сборные плиты, то доступны параметры, как и в случае цементобетонного покрытия, за исключением схемы расчёта.



Параметры варианта конструкции жёсткой дорожной одежды с покрытием, формируемым сборными бетонными плитами

В группе **Результаты расчёта варианта конструкции дорожной одежды** отображаются расчётные параметры установленных критериев расчёта и расчётная цена варианта. Если конструкция не удовлетворяет критерию расчёта, то запас, иллюстрирующий результат расчёта, подсвечивается красным.



Результаты расчёта варианта конструкции дорожной одежды

Создание варианта



Чтобы добавить пустой вариант конструкции дорожной одежды, не содержащий конструктивных слоёв, нажмите кнопку **Добавить новый вариант дорожной одежды** на панели инструментов. Новый вариант становится активным.


Операции с вариантом

- При создании варианту назначается название типа **Вариант № (номер варианта)**. Чтобы его изменить, введите нужный текст на закладке **Свойства варианта № (номер варианта)** в поле **Название**. Также можно изменить название в области формирования конструкции, щёлкнув мышью на активном варианте.

Конструкция					
Материал					
Толщина					
Модуль					
Прогиб					
Проект конструкции дорожной одежды					
Вариант № 1					
Верхний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 5 см (5...15)	Е _{пов} = 544 МПа	Е _{упр} = 3200 МПа Запас = 28%	
Средний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 8 см (5...15)	Е _{пов} = 459 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа	
Нижний слой покрытия	Асфальто... он горячей укладки	h = 22 см (10...22)	Е _{пов} = 352 МПа	Е _{упр} = 2000 МПа	
Основание	Смеси щебёноч... равинно-...	h = 26 см (15...35)	Е _{пов} = 122 МПа	Е _{упр} = 420 МПа	
Грунт земляного полотна	Супесь пылеватая		Е _{пов} = 46 МПа	Е _{упр} = 46 МПа	


Изменение названия варианта конструкции

- Чтобы скопировать активный вариант конструкции дорожной одежды, нажмите кнопку  **Скопировать вариант конструкции дорожной одежды** на панели инструментов.
- Вариант дорожной одежды можно перемещать в области формирования конструкции дорожной одежды. Так, например, наиболее перспективные варианты можно разместить выше по списку, а менее перспективные варианты – ниже по списку. Чтобы переместить активный вариант на одну позицию выше, нажмите кнопку  **Переместить вариант конструкции дорожной одежды выше по списку** на панели инструментов.

Аналогично можно переместить активный вариант конструкции дорожной одежды ниже, нажав кнопку  **Переместить вариант конструкции дорожной одежды ниже по списку** на панели инструментов.



Замечание

Порядок расположения вариантов в отчётной документации (в чертеже и отчёте) соответствует порядку расположения вариантов в области формирования конструкции дорожной одежды.

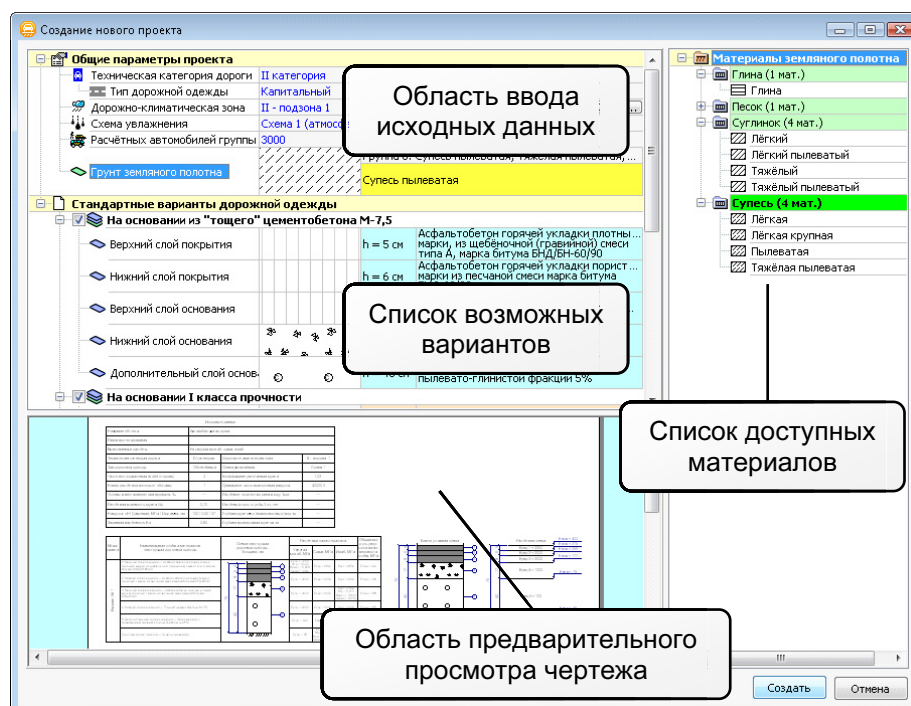
- Для удаления активного варианта дорожной одежды нажмите кнопку  **Удалить вариант конструкции дорожной одежды** на панели инструментов.

Мастер создания конструкций

Обзор окна мастера создания конструкций

В систему IndorPavement входит альбом типовых конструкций дорожной одежды в соответствии со справочниками типовых строительных решений «Серия 3.503–71/88. Дорожные одежды автомобильных дорог общего пользования» и «Серия 3.503.1–91. Дорожные одежды с покрытиями из сборных железобетонных плит для автомобильных дорог в сложных условиях». Чтобы открыть мастер создания конструкций в соответствии со справочником типовых решений, нажмите кнопку  **Создать новый проект** на панели инструментов или выполните команду меню **Файл** |  **Новый проект...** Также можно воспользоваться «горячими» клавишами Ctrl+N. Откроется окно мастера создания конструкций, которое состоит из следующих элементов:

- **Область ввода исходных данных.** Располагается в верхней части окна (секция **Общие параметры проекта**) и содержит параметры, необходимые для поиска допустимых вариантов конструкций дорожной одежды в альбоме типовых решений.
- **Список возможных вариантов.** Располагается ниже области ввода исходных данных (секция **Стандартные варианты дорожной одежды**) и представляет собой список найденных конструктивных решений. Если исходные данные не заданы, то список пуст.



Окно мастера создания конструкций

- **Список доступных материалов.** Появляется при задании материала слоя или грунта и располагается в правой части окна. Содержит список доступных материалов с учётом введённых исходных данных.
- **Область предварительного просмотра чертежа.** Занимает нижнюю часть окна и содержит чертёж, представленный расчётной и конструктивной схемами вариантов конструкций дорожной одежды из списка возможных вариантов.

Ввод исходных данных

Для поиска подходящих шаблонов конструкций в альбоме типовых решений необходимо ввести исходные данные в секции **Общие параметры проекта**.

- Задайте техническую категорию дороги в поле **Техническая категория дороги**. В соответствии со стандартной классификацией она может быть I, II, III, IV или V.

Общие параметры проекта	
Техническая категория дороги	II категория
Тип дорожной одежды	Капитальный
Дорожно-климатическая зона	II - подзона 1 Карта...
Схема увлажнения	Схема 1 (атмосферные осадки)
Расчётных автомобилей группы "Б",	3000
Грунт земляного полотна	<div>Выберите грунт из дерева справа.</div> <div>Грунт земляного полотна не задан. Решений в альбоме типовых решений нет.</div>

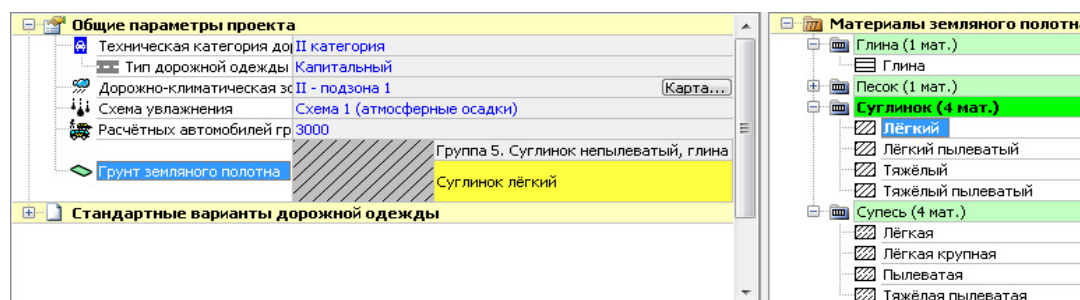
Задание исходных данных проекта

- В поле **Тип дорожной одежды** задайте тип покрытия дорожной одежды: **Капитальный**, **Облегчённый** или **Переходный**. Для дорог I категории тип дорожной одежды всегда является капитальным и это поле недоступно. От выбранного типа дорожной одежды напрямую зависит тип используемых материалов покрытия. Например, для дорог I категории рекомендуется использовать в качестве покрытия горячие асфальтобетонные смеси.
- Климатическую зону и подзону выберите в поле **Дорожно-климатическая зона**. Расположение дорожно-климатических зон определено климатическими характеристиками и отображено на карте, которую можно просмотреть, нажав кнопку **Карта...**

В окне просмотра карты можно отображать различную информацию о расположении дорожно-климатических зон (кнопка **Дорожно-климатические зоны**), изолиний термосопротивления грунта (кнопка **Термогруппы**), районов многолетней мерзлоты (кнопка **Многолетняя мерзлота**) и районов по числу расчётных дней в году (кнопка **Районы по T_{рдг}**). Чтобы отобразить или скрыть характеристики района на карте,



нажмите соответствующую кнопку. При необходимости можно включить сразу несколько кнопок.

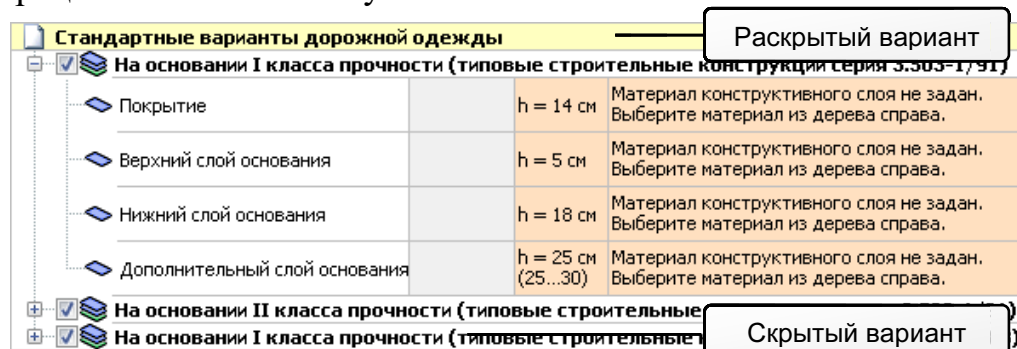
- Задайте преобладающий тип увлажнения (**Схема 1 (атмосферные осадки)**, **Схема 2 (поверхностные воды)** или **Схема 3 (грунтовые воды)**) в поле **Схема увлажнения**.
- Выберите в поле **Расчётных автомобилей группы «Б»** из списка приближённое значение количества автомобилей, проходящих в сутки по одной полосе.
- В поле **Грунт земляного полотна** задайте нужный грунт. При получении полем фокуса в правой части окна появляется список доступных грунтов. Для назначения материала в качестве грунта щёлкните на нём мышью в списке. В результате в поле отобразится название назначенного грунта, группа, к которой он относится в альбоме типовых решений, и способ его отображения в чертеже.



Назначение грунта земляного полотна

Формирование конструкций

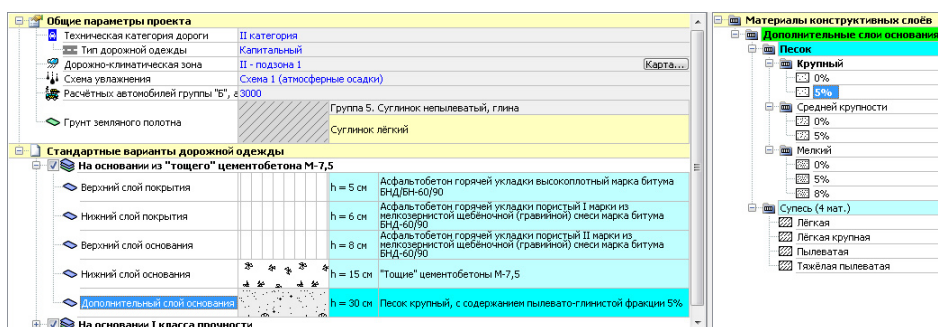
После задания исходных данных в секции **Стандартные варианты дорожной одежды** появляются шаблоны конструкций дорожной одежды из альбома типовых решений (см. [8, раздел «Каталог дорожных одежд нежесткого типа»]). Шаблоны дорожных одежд могут представлять как жёсткие, так и нежёсткие конструкции. Каждый шаблон конструкции вынесен в отдельную секцию с названием шаблона из альбома типовых решений. Конструкции, с которыми работа в данный момент не ведётся, можно скрыть, нажав кнопку , расположенную слева от названия варианта. Для обратной операции нажмите кнопку .



Шаблоны конструкций дорожной одежды

Каждый шаблон конструкции дорожной одежды представлен в табличном виде. Строками обозначены слои конструкции, столбцы содержат информацию о типе слоя, который характеризует расположение слоя в конструкции, отображении в чертеже, толщине и материале слоя.

Сформированные шаблоны конструкций содержат определённое количество слоёв с заданным типом и толщинами. Эти данные невозможно изменить. Материалы слоёв не заданы (поля подсвечены красным цветом), но для каждого слоя определён список допустимых материалов. Чтобы задать материал, выделите нужный слой и в появившемся справа списке допустимых материалов щёлкните на нужном материале.



Добавление материала

Добавление конструкций в проект

Наиболее перспективные варианты можно добавить в проект для дальнейшего редактирования, оптимизации или расчёта по каким-либо критериям. Чтобы добавить нужные варианты конструкции дорожной одежды в проект, установите флаг ☒ рядом с их названиями и нажмите кнопку **Создать**.

Оптимизация конструкции дорожной одежды

В системе IndorPavement реализована возможность автоматического подбора оптимальных толщин слоёв конструкции дорожной одежды. Для этого необходимо задать параметры поиска (диапазон толщин и шаг перебора), и система отобразит всевозможные варианты толщин слоёв конструкции, которые можно отсортировать по одному из доступных критериев (цена, модуль упругости и др.) и выбрать из них наилучшие для дальнейшей работы.

Настройка параметров поиска вариантов

Перед тем как оптимизировать конструкцию по толщинам слоёв, для каждого слоя нужно задать параметры, ограничивающие область поиска вариантов конструкции дорожной одежды. Они располагаются на закладке **Свойства слоя № (номер слоя)** в группе **Параметры поиска вариантов толщин**.

Параметры конструктивного слоя дорожной одежды	
Название	
<input checked="" type="checkbox"/> Слой не входит в конструкцию дорожной одежды	<input type="checkbox"/>
Толщина, см	5,00
Параметры поиска вариантов толщин	
<input checked="" type="checkbox"/> Вариант без этого слоя	<input type="checkbox"/>
Минимум, см	4,00
Максимум, см	6,00
Шаг перебора, см	1,00
Варианты толщин, см: 4, 5, 6	
Удельная цена, у.е.	1,00

Параметры поиска вариантов толщин

Чтобы определить диапазон толщин слоя, участвующих в оптимизации, введите нужные значения в полях **Минимум** и **Максимум**.

Замечание

Значение в поле **Минимум** не может быть меньше, чем значение, заданное в поле **Минимальная толщина слоя** в библиотеке для данного материала, а значение в поле **Максимум** не может превышать значение, заданное в поле **Максимальная толщина слоя** в библиотеке материалов. Таким образом, значения, заданные в библиотеке материалов, определяют диапазон, ограничивающий возможные значения толщин слоя.

Шаг перебора задаётся в поле **Шаг перебора**. В соответствии с этим значением определяются рассматриваемые толщины слоя, причём таким образом, чтобы текущий вариант толщины слоя присутствовал в оптимизации. Например, если минимальная толщина слоя равна 5 см, максимальная – 30 см, шаг перебора равен 5, а текущая толщина слоя – 8 см, то будут рассмотрены следующие варианты: 8, 13, ..., 23, 28 см.

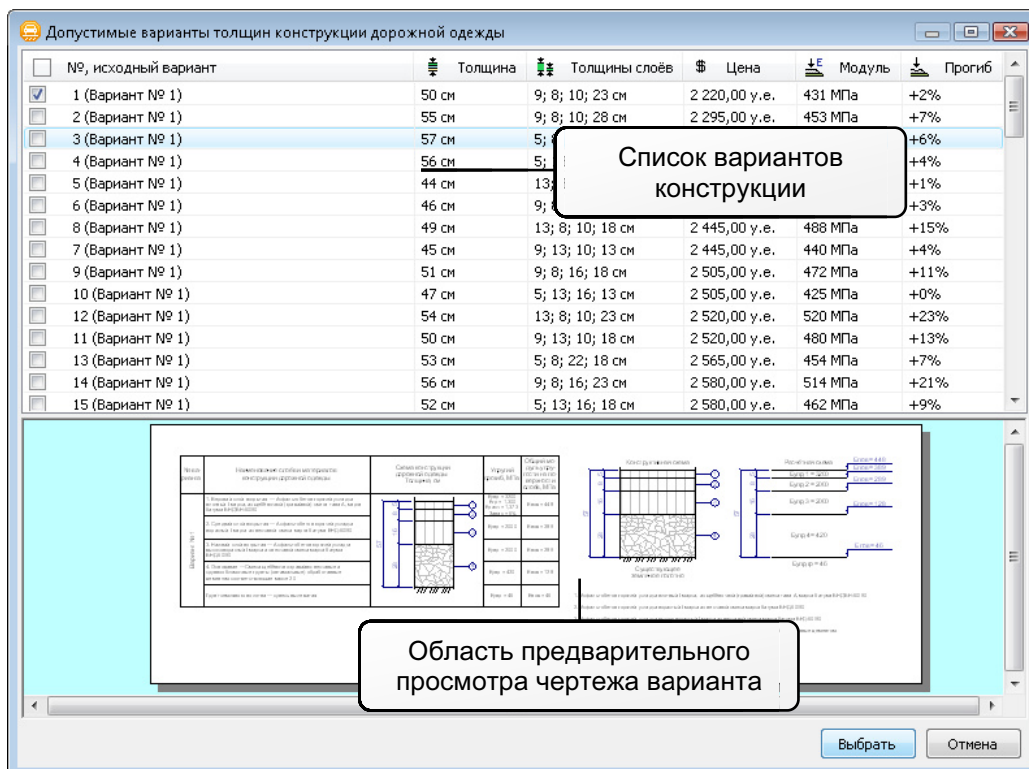
Просмотреть, какие варианты толщин будут участвовать в оптимизации, можно в поле **Варианты толщин**. Значение толщины текущего слоя выделено отдельным стилем.

Помимо этого, возможен поиск вариантов конструкции без учёта каких-либо слоёв. Для этого установите опцию **Вариант без этого слоя** для тех слоёв, которые не будут участвовать в поиске.

Обзор окна просмотра допустимых вариантов

После того как настройка параметров завершена, запустите процесс поиска вариантов толщин слоёв конструкции, нажав кнопку ⚡ **Оптимизация конструкции дорожной одежды (подбор толщин слоёв)** на панели инструментов или выполните команду меню **Проект | ⚡ Оптимизировать толщины...** Также можно воспользоваться «горячей» клавишей F5.

Откроется окно просмотра допустимых вариантов толщин конструкции. Рассмотрим элементы, из которых оно состоит.



Список допустимых вариантов конструкции дорожной одежды при оптимизации по толщинам слоёв

- **Область предварительного просмотра чертежа варианта.** Располагается в нижней части окна и содержит чертёж выделенного варианта конструкции, представленный расчётной и конструктивной схемами. С помощью чертежа можно быстро оценить параметры варианта, полученные в результате расчёта по выбранным критериям. Таким образом, можно визуально оценить вариант, даже не добавляя его в проект.
- **Список вариантов конструкции.** Занимает верхнюю часть окна и содержит список допустимых вариантов конструкции дорожной одежды при оптимизации по толщинам слоёв, представленный в табличном виде. Строками являются варианты конструкции, а столбцы содержат информацию о суммарной толщине конструктивных слоёв, толщине каждого слоя, цене и результатах расчёта (запас прочности) по выбранным критериям.

Рассмотрим подробно каждый столбец.

№, исходный вариант. В этом столбце отображается порядковый номер сформированного варианта конструкции дорожной одежды. Текущий вариант конструкции выделен жирным стилем.

Если в проекте сформировано несколько вариантов конструкций дорожной одежды, то при оптимизации по толщине слоёв оптимизируются все варианты. В столбце **№, исходный вариант** в скобках будет указано название исходного варианта.


№, исходный вариант	Толщина	Толщины слоёв	Цена	Модуль	Прогиб
1 (Вариант № 1)	53 см	9; 8; 10; 26 см	2 265,00 у.е.	445 МПа	+5%
2 (Вариант № 2)	53 см	9; 8; 10; 26 см	2 265,00 у.е.	445 МПа	+5%
3 (Вариант № 1)	55 см	5; 8; 16; 26 см	2 325,00 у.е.	438 МПа	+3%
4 (Вариант № 2)	55 см	5; 8; 16; 26 см	2 325,00 у.е.	438 МПа	+3%
5 (Вариант № 1)	58 см	9; 8; 10; 31 см	2 340,00 у.е.	467 МПа	+10%
6 (Вариант № 2)	58 см	9; 8; 10; 31 см	2 340,00 у.е.	467 МПа	+10%
7 (Вариант № 2)	58 см	5; 12; 10; 31 см	2 340,00 у.е.	440 МПа	+4%
8 (Вариант № 1)	58 см	5; 12; 10; 31 см	2 340,00 у.е.	440 МПа	+4%
9 (Вариант № 1)	60 см	5; 8; 16; 31 см	2 400,00 у.е.	462 МПа	+9%
10 (Вариант № 2)	60 см	5; 8; 16; 31 см	2 400,00 у.е.	462 МПа	+9%

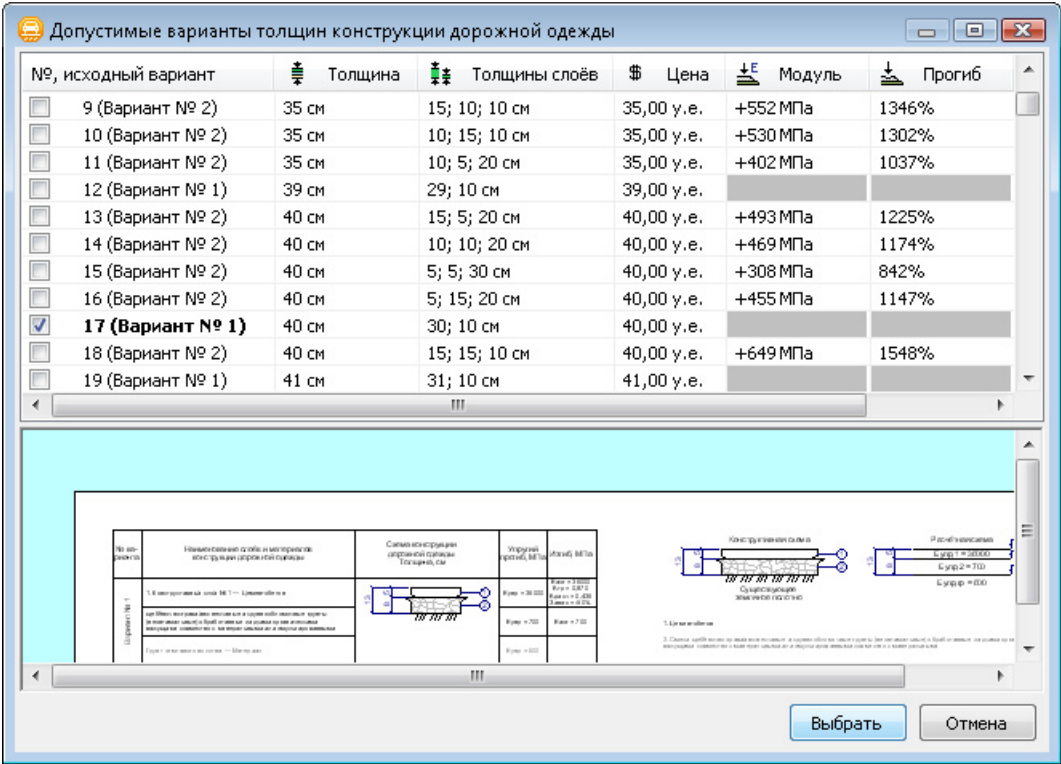
Оптимизация нескольких вариантов конструкций дорожной одежды

Толщина. В этом столбце отображается суммарное значение толщин конструктивных слоёв, участвующих в оптимизации.


Толщины слоёв. Этот столбец содержит список толщин конструктивных слоёв. Первое значение соответствует верхнему слою покрытия, нижнее – слою основания. Значения представлены в сантиметрах.


Цена. В этом столбце отображается общая цена конструкции, рассчитываемая как произведение цены слоя на его толщину, просуммированная по всем слоям конструкции. Единица измерения задаётся в свойствах проекта в поле **Единица стоимости конструкции** (см. гл. 3 «Расчёт нежёстких дорожных одежд», подраздел «Задание общих параметров», с. 71).



 **Модуль.** В этом столбце отображается значение поверхностного модуля упругости, рассчитанное для верхнего слоя покрытия конструкции дорожной одежды с учётом всех нижележащих слоёв. Для конструкций жёстких дорожных одежд данный параметр не актуален и не отображается. В случае оптимизации нескольких вариантов, один из которых формирует конструкцию жёсткой дорожной одежды, а другой – нежёсткой, поле подсвечивается серым цветом, если данные не актуальны.






Оптимизация нескольких вариантов конструкций дорожной одежды различных типов (жёсткая и нежёсткая)

 **Прогиб.** Этот столбец содержит значение запаса прочности конструкции при расчёте по критерию упругого прогиба, иллюстрирующее результат этого расчёта в процентном соотношении. Для конструкций жёстких дорожных одежд данный параметр, как и поверхностный модуль упругости, не актуален.

 **Сдвиг.** Этот столбец содержит значение запаса прочности конструкции при расчёте по критерию сдвигоустойчивости (динамическая нагрузка), иллюстрирующее результат этого расчёта в процентном соотношении. Если расчёт на сдвигоустойчивость проводится для нескольких слоёв, в том числе для грунта земляного полотна, то в столбце будет обозначен минимальный запас прочности из рассчитанных.

 **Изгиб.** В этом столбце отображается значение запаса прочности конструкции при расчёте на сопротивление усталостному разрушению от растяжения при изгибе, иллюстрирующее результат этого расчёта в процентном соотношении. При оптимизации конструкции жёсткой дорожной одежды с монолитным цементобетоном в столбце  **Изгиб** отображается запас прочности цементобетонного слоя в сантиметрах.

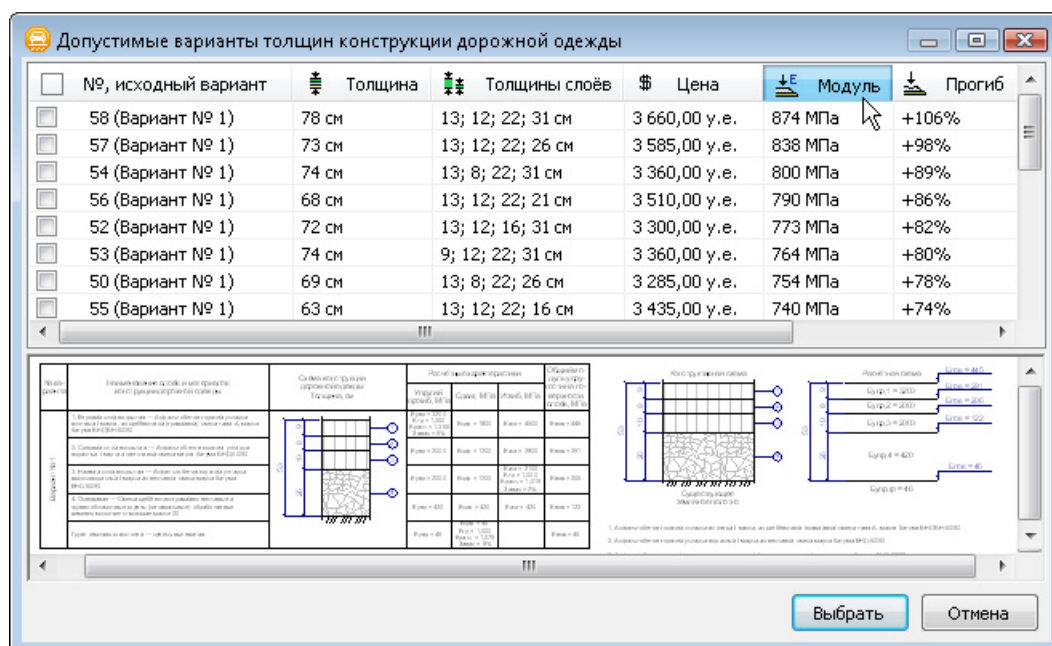
 **Стат. нагрузка.** Этот столбец аналогичен столбцу  **Сдвиг**. Разница заключается в том, что конструкция рассчитывается по критерию сдвигоустойчивости при статической нагрузке.

 **Мороз.** В этом столбце отображается запас морозозащитного слоя. Если морозозащитный слой не задан и конструкция в целом проверяется на морозоустойчивость, то в столбце будет отображаться значение ноль.

 **Дренаж.** В этом столбце отображается запас дренажного слоя.











Сортировка вариантов

При оптимизации конструкции дорожной одежды список допустимых вариантов упорядочен по возрастанию цены. Список вариантов можно отсортировать по любому другому столбцу, нажав на его заголовке.





№, исходный вариант	Толщина	Толщины слоёв	Цена	Модуль	Прогиб
58 (Вариант № 1)	78 см	13; 12; 22; 31 см	3 660,00 у.е.	874 МПа	+106%
57 (Вариант № 1)	73 см	13; 12; 22; 26 см	3 585,00 у.е.	838 МПа	+98%
54 (Вариант № 1)	74 см	13; 8; 22; 31 см	3 360,00 у.е.	800 МПа	+89%
56 (Вариант № 1)	68 см	13; 12; 22; 21 см	3 510,00 у.е.	790 МПа	+86%
52 (Вариант № 1)	72 см	13; 12; 16; 31 см	3 300,00 у.е.	773 МПа	+82%
53 (Вариант № 1)	74 см	9; 12; 22; 31 см	3 360,00 у.е.	764 МПа	+80%
50 (Вариант № 1)	69 см	13; 8; 22; 26 см	3 285,00 у.е.	754 МПа	+78%
55 (Вариант № 1)	63 см	13; 12; 22; 16 см	3 435,00 у.е.	740 МПа	+74%


Сортировка вариантов по убыванию значения модуля упругости

При упорядочивании по столбцам **№, исходный вариант**,  **Толщина**,  **Толщины слоёв**,  **Цена** варианты конструкции отображаются в порядке возрастания значений, по всем остальным столбцам ( **Модуль**,  **Прогиб**,  **Сдвиг**,  **Изгиб**,  **Стат. нагрузка**,  **Мороз**,  **Дренаж**) – в порядке убывания значений.

Замечание

При оптимизации одновременно жёстких и нежёстких дорожных одежд сортировка по столбцам  **Модуль** и  **Прогиб** работает неверно вследствие некорректного вычисления модуля упругости, основанного на методике расчёта жёстких дорожных одежд.

Добавление вариантов в проект

Наиболее перспективные варианты конструкции дорожной одежды можно добавить в проект, установив для них в столбце **№, исходный вариант** флаг  и нажав кнопку **Выбрать**.

Глава

6

Работа с библиотекой материалов

В этой главе:

Обзор окна библиотеки материалов

Работа с группами материалов



Работа с материалами

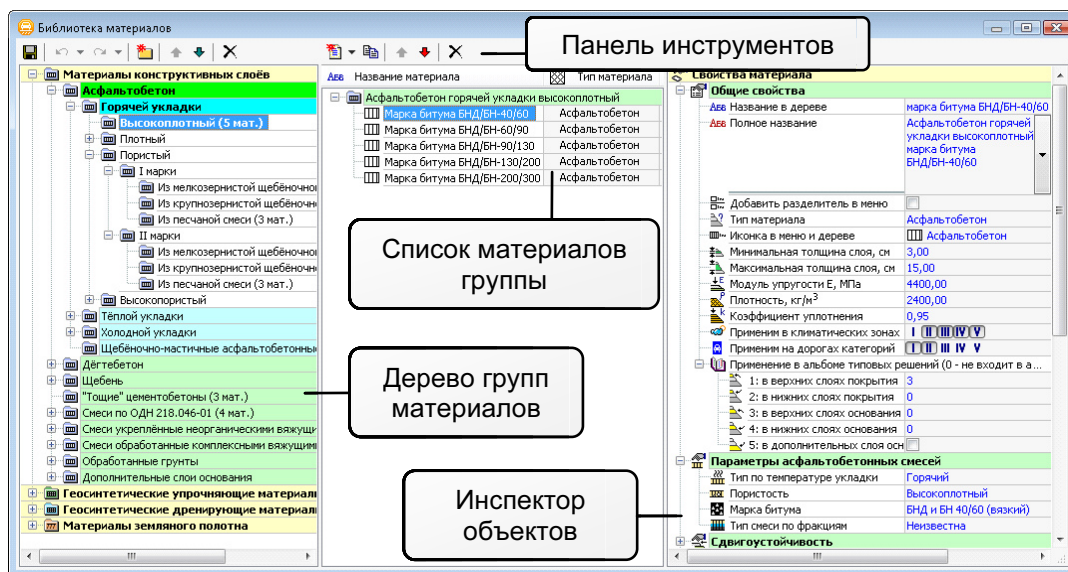
Редактирование параметров
материалов

Работа с библиотекой материалов

Все материалы, доступные для добавления в конструкцию, хранятся в библиотеке материалов. В комплект поставки системы IndorPavement включены все материалы, регламентированные ОДН 218.1.052–2002, материалы из альбомов типовых строительных конструкций «Серия 3.503–71/88. Дорожные одежды автомобильных дорог общего пользования», «Серия 3.503.1–91. Дорожные одежды с покрытиями из сборных железобетонных плит для автомобильных дорог в сложных условиях» и геосинтетические материалы, обозначенные в рекомендации по применению. Помимо этого, можно дополнить библиотеку новыми материалами, создав их «с нуля», редактируя существующие, или скачать обновлённую версию библиотеки на сайте компании «ИндорСофт».

Обзор окна библиотеки материалов

Чтобы открыть библиотеку материалов, нажмите кнопку  **Библиотека материалов** на панели инструментов или выполните команду меню **Файл** |  **Библиотека материалов...** Также библиотеку можно открыть, используя «горячую» клавишу F7.





Библиотека материалов

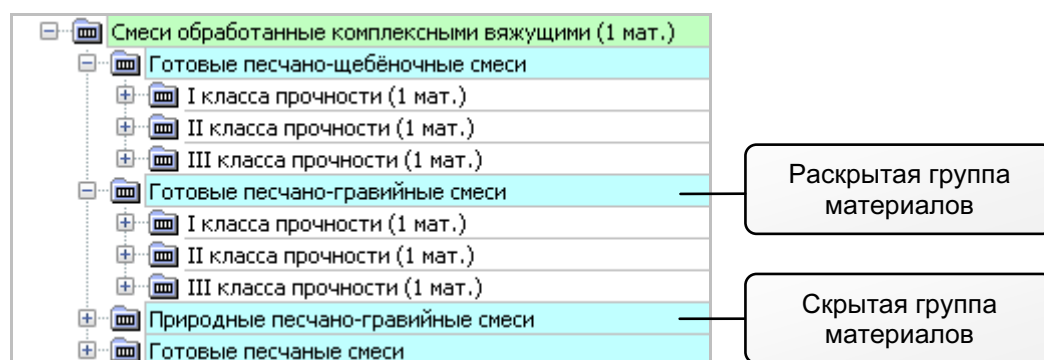
Окно библиотеки материалов состоит из следующих элементов:

- **Панель инструментов.** Располагается в верхней части окна. На панели инструментов сгруппированы кнопки для работы с деревом групп материалов, со списком материалов, а также кнопки отмены действий и сохранения библиотеки материалов.
- **Список материалов группы.** Располагается в центральной части окна и отображает материалы выбранной группы.
- **Дерево групп материалов.** Занимает левую область диалогового окна и содержит группы материалов дорожных одежд.
- **Инспектор объектов.** Занимает правую область диалогового окна и содержит параметры выбранного материала. Для различных типов материалов параметры могут быть различны.

Работа с группами материалов

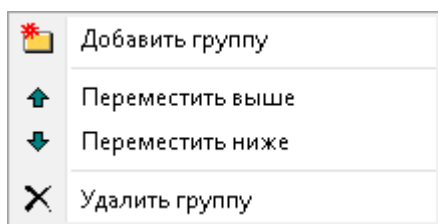
Дерево групп материалов разделено на пять секций: **Материалы конструктивных слоёв нежёстких дорожных одежд**, **Материалы конструктивных слоёв жёстких дорожных одежд**, **Геосинтетические упрочняющие материалы**, **Геосинтетические дренарующие материалы** и **Материалы земляного полотна** (аналогично закладке **Материалы** в инспекторе объектов главного окна). Иерархия внутри этих групп не является стандартизированной, а отражает лишь логическое разделение материалов.

Рядом с теми группами, у которых есть подгруппы, располагается значок . Щёлкните на нём, чтобы раскрыть доступные подгруппы, или воспользуйтесь клавишей управления курсором Стрелка вправо. Значок изменит свой внешний вид на . Таким образом, если в данный момент не ведётся работа с материалами группы, то её можно скрыть.




Группы материалов

При нажатии правой кнопки мыши на любом элементе в дереве групп материалов открывается контекстное меню с командами, дублирующими кнопки панели инструментов.



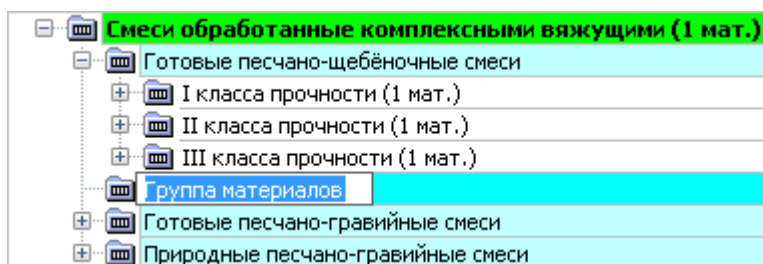
Контекстное меню дерева групп материалов

Создание группы

Для добавления новой группы материалов выделите группу, в которую следует добавить новую подгруппу, и нажмите кнопку  **Создать новую группу материалов** на панели инструментов. Добавлять группы (или подгруппы) можно в одну из секций (**Материалы конструктивных слоёв нежестких дорожных одежд**, **Материалы конструктивных слоёв жестких дорожных одежд**, **Материалы земляного полотна**, **Геосинтетические упрочняющие материалы**, **Геосинтетические дренирующие материалы**) или в любую другую группу или подгруппу иерархии.

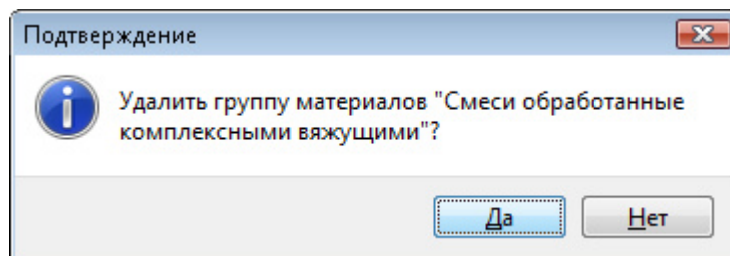
Операции с группой

- При создании группе назначается название **Группа материалов**. Чтобы его изменить, щёлкните мышью на выделенной группе или нажмите клавишу F2.



Изменение названия группы материалов

- Чтобы удалить группу материалов, выделите её в дереве групп материалов и нажмите кнопку **✕ Удалить группу материалов** на панели инструментов или воспользуйтесь «горячей» клавишей Delete. Появится окно подтверждения.



Окно подтверждения удаления группы материалов

Кнопка **Да** подтверждает удаление группы материалов, кнопка **Нет** отменяет операцию.

- Чтобы изменять положение выделенной подгруппы внутри группы материалов (перемещать выше или ниже по списку), реализованы специальные команды. Для перемещения выделенной группы ниже по списку нажмите кнопку **⬇ Переместить ниже** на панели инструментов, для перемещения выше – кнопку **⬆ Переместить выше**.

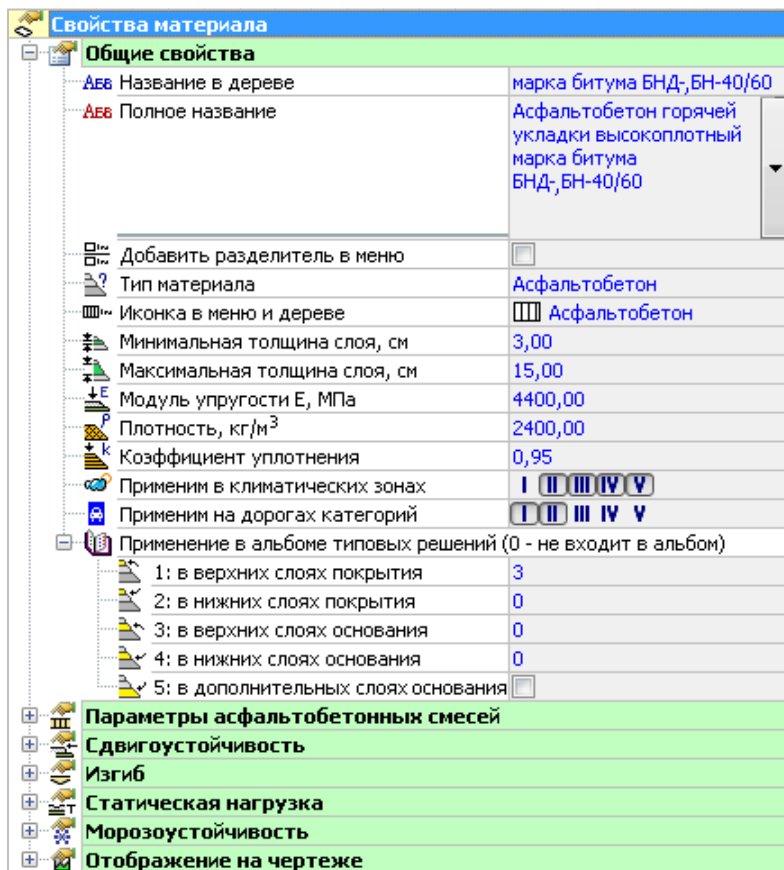
Работа с материалами

Список материалов выделенной группы отображается в центральной части окна. Материалы представлены в табличном виде, что позволяет быстро оценить материал по таким важным критериям, как тип материала, его плотность, поверхностный модуль упругости. Для геосинтетических материалов отображается информация только о типе материала.

Название материала	Тип материала	Мод...	Плотность
Асфальтобетон горячей укладки высокоплотный			
Марка битума БНД-, БН-40/60	Асфальтобетон	4400 МПа	2400 кг/м³
Марка битума БНД-, БН-60/90	Асфальтобетон	3200 МПа	2400 кг/м³
Марка битума БНД-, БН-90/130	Асфальтобетон	2400 МПа	2400 кг/м³
Марка битума БНД-, БН-130/200	Асфальтобетон	1500 МПа	2400 кг/м³
Марка битума БНД-, БН-200/300	Асфальтобетон	1200 МПа	2400 кг/м³


Список материалов группы

При выделении материала в этом списке его свойства отображаются в инспекторе объектов справа. Они аналогичны свойствам материала в инспекторе объектов главного окна, но если внести изменения, то они будут применимы ко всем создаваемым материалам этого типа.







Свойства материала в библиотеке


Создание материала

Чтобы создать новый материал, выберите группу и нажмите кнопку  **Добавить материал** на панели инструментов. Можно добавить материал с заранее определённым типом, нажав на стрелку рядом с кнопкой и выбрав нужный тип материала в списке.

Операции с материалом

- Чтобы создать новый материал с параметрами уже существующего материала, выделите исходный материал и нажмите кнопку  **Скопировать материал** на панели инструментов.
- Для перемещения материала внутри группы предназначены кнопки  **Переместить выше** и  **Переместить ниже** на панели инструментов.
- Чтобы удалить выделенный материал, нажмите кнопку  **Удалить материал**.

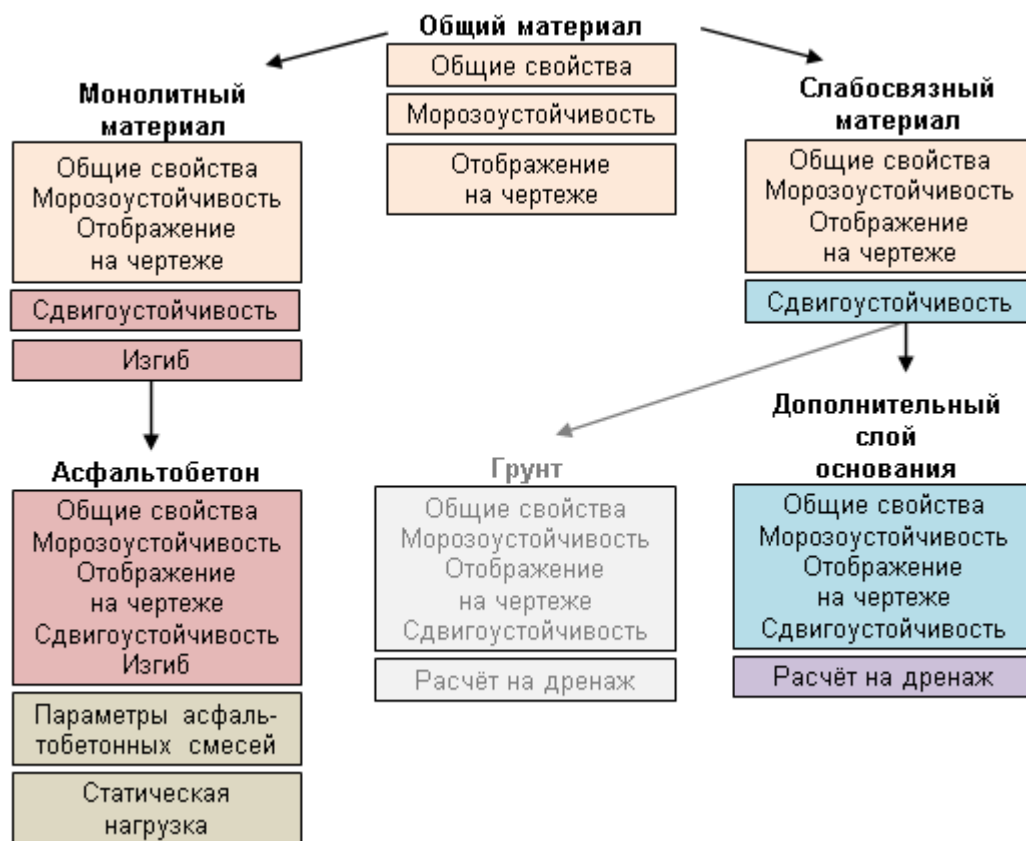
Сохранение материалов в библиотеке

Чтобы сохранить изменения в библиотеке материалов, нажмите кнопку  **Сохранить библиотеку материалов** на панели инструментов.

Редактирование параметров материалов

Иерархия представления материалов

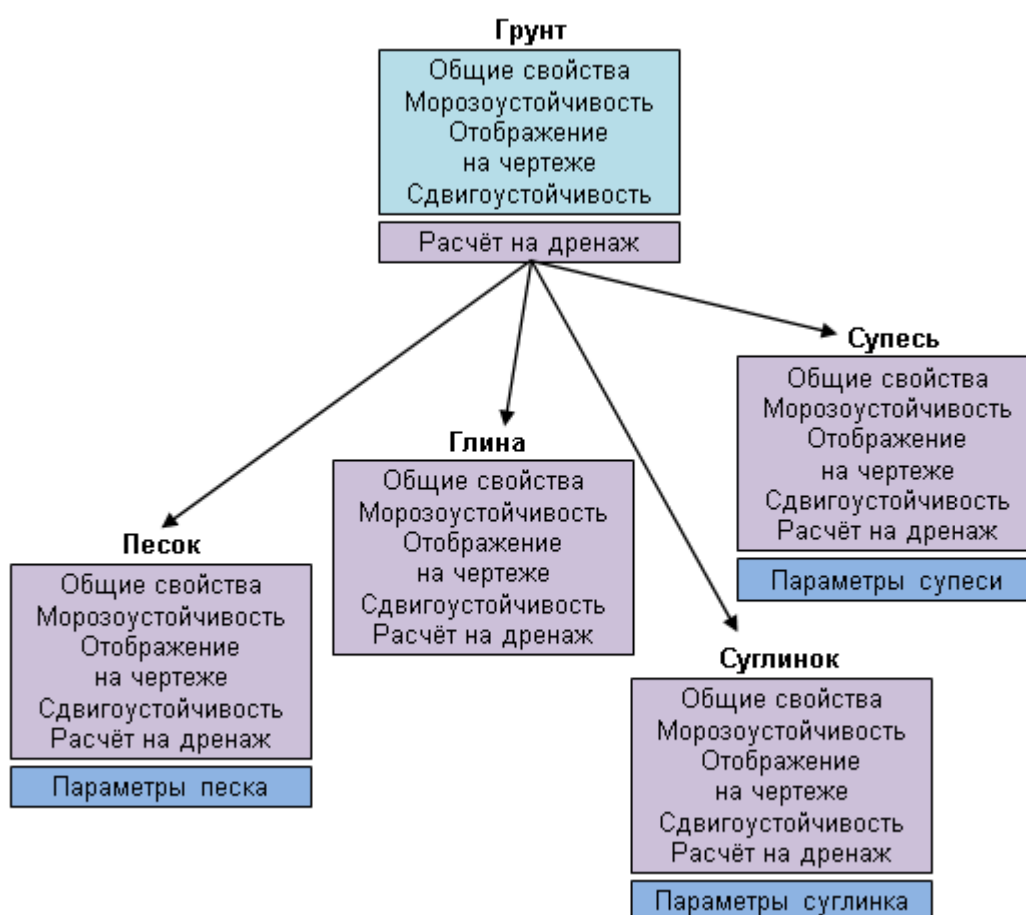
Каждый материал имеет определённый тип. Материал конструктивного слоя нежёсткой дорожной одежды может иметь один из следующих типов: **Общий материал**, **Монолитный материал**, **Асфальтобетон**, **Слабосвязный материал** или **Дополнительный слой основания**. Грунт земляного полотна также разделяется на типы: **Грунт**, **Песок**, **Супесь**, **Суглинок** или **Глина**. Материал конструктивного слоя жёсткой дорожной одежды может иметь один из типов: **Монолитный цементобетон** или **Бетонные плиты для сборных покрытий**. Геосинтетический материал может иметь один из типов: **Упрочняющий материал** или **Дренирующий материал**. Ниже представлена схема, отображающая зависимость параметров материалов конструктивных слоёв нежёстких дорожных одежд от его типа.



Иерархия типов материалов конструктивных слоёв нежёстких дорожных одежд

Для упрощения понимания типы материалов имеют иерархическую структуру. Материалы, расположенные ниже в иерархии, наследуют параметры материалов, расположенных выше (предков), а также имеют собственные уникальные параметры. Например, все асфальтобетоны характеризуются параметрами монолитных материалов, а также имеют собственные параметры.

На схемах, объясняющих зависимость типов материалов конструктивных слоёв и грунтов, показана иерархия типов материалов на примере групп параметров.




Иерархия типов материалов грунтов земляного полотна

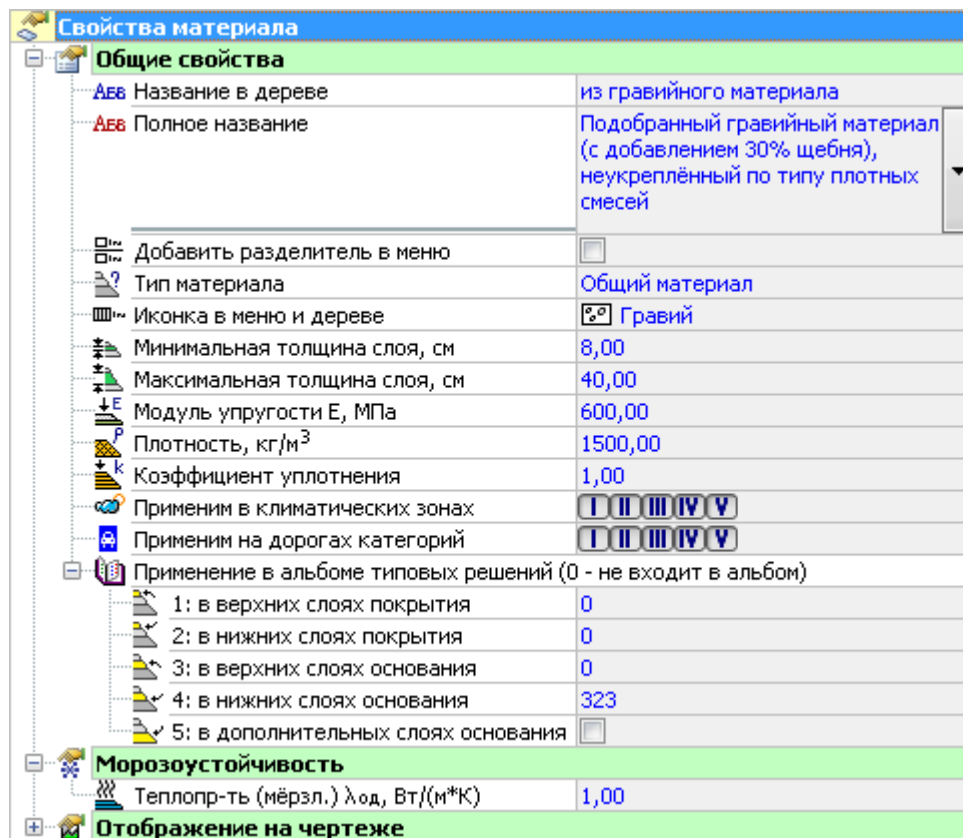
Типы материалов жёстких дорожных одежд, как и геосинтетических материалов, представляют собой независимые типы. Рассмотрим характерные параметры каждого типа материала в следующих подразделах.

Общий материал

Параметры, относящиеся к общему материалу, доступны для всех других типов материалов. Рассмотрим характерные параметры общего материала:

- Краткое название материала для работы с деревом материалов в проекте задаётся в поле **Название в дереве**. Это краткое название участвует в формировании полного названия материала.








- **Полное название** объединяет в себе краткое название материала и названия всех групп иерархии, к которым относится материал. При необходимости полное название можно изменить, но при нажатии кнопки  полное название восстанавливается.



Свойства материала	
Общие свойства	
Название в дереве	из гравийного материала
Полное название	Подобранный гравийный материал (с добавлением 30% щебня), неукрепленный по типу плотных смесей
Добавить разделитель в меню	<input type="checkbox"/>
Тип материала	Общий материал
Иконка в меню и дереве	Гравий
Минимальная толщина слоя, см	8,00
Максимальная толщина слоя, см	40,00
Модуль упругости E, МПа	600,00
Плотность, кг/м³	1500,00
Коэффициент уплотнения	1,00
Применим в климатических зонах	I II III IV V
Применим на дорогах категорий	I II III IV V
Применение в альбоме типовых решений (0 - не входит в альбом)	
1: в верхних слоях покрытия	0
2: в нижних слоях покрытия	0
3: в верхних слоях основания	0
4: в нижних слоях основания	323
5: в дополнительных слоях основания	<input type="checkbox"/>
Морозоустойчивость	
Теплопр-ть (мёрзл.) λ _{од} , Вт/(м*К)	1,00
Отображение на чертеже	

Параметры общего материала

- Чтобы добавить после текущего материала разделитель в группе, установите опцию **Добавить разделитель в меню**. Он будет отображаться в библиотеке материалов, на закладке **Материалы** в инспекторе объектов и в меню добавления материала. С помощью разделителей Вы можете разбивать материалы на визуальные группы по своему усмотрению, что поможет лучше ориентироваться в больших списках материалов.

	C1 - 40 мм (для покрытий)
	C2 - 20 мм (для покрытий)
	C3 - 80 мм (для оснований)
	C4 - 80 мм (для оснований)
	C5 - 40 мм (для оснований)
	C6 - 20 мм (для оснований)
	C7 - 20 мм (для оснований)

Визуальное разделение материалов в меню

В свойствах материала текущей конструкции данный параметр не отображается.

- Тип материала отображается в поле **Тип материала**. Он определяет набор параметров материала и его поведение при расчётах.
- В поле **Иконка в меню и дереве** можно выбрать из списка одну из стандартных иконок обозначения материала. Она будет располагаться слева от названия материала в библиотеке материалов, на закладке **Материалы** в инспекторе объектов и в меню добавления материала. В свойствах материала текущей конструкции данный параметр недоступен.
- Значение, определяющее нижний предел толщины слоя в текущей конструкции и при её оптимизации по толщинам слоёв, задаётся в поле **Минимальная толщина слоя**.
- Значение, определяющее верхний предел толщины слоя в текущей конструкции и при её оптимизации по толщинам слоёв, задаётся в поле **Максимальная толщина слоя**.
- Значение модуля упругости материала при расчёте на упругий прогиб задаётся в поле **Модуль упругости E** и для существующих материалов соответствует нормативным документам.
- В поле **Плотность** можно задать значение плотности материала.
- Коэффициент уплотнения материала задаётся в поле **Коэффициент уплотнения**.

Для сужения области поиска материалов можно воспользоваться встроенными фильтрами на закладке **Материалы** в инспекторе объектов. Чтобы добавить новый материал в область поиска, необходимо определить следующие параметры:

- В поле **Применим в климатических зонах** укажите номера дорожно-климатических зон, где возможно применение данного материала, нажав соответствующие кнопки.
- В поле **Применим на дорогах категорий** укажите технические категории дорог, для которых возможно применение данного материала, нажав кнопки с нужными номерами.
- В подгруппе **Применение в альбоме типовых решений** можно указать, к какой группе относится материал, и задать номер материала в группе альбома типовых решений.

Замечание

В свойствах материала текущей конструкции параметры области поиска материала недоступны.

В группе **Морозоустойчивость** для общих материалов доступен только один параметр, т.к. он используется для всех конструктивных слоёв при расчёте на морозоустойчивость.

- **Теплопр-ть (мёрзл.) $\lambda_{\text{од}}$** . Значение теплопроводности материала в мёрзлом состоянии.

Замечание

Параметры группы **Отображение на чертеже** подробно рассмотрены в гл. 7 «Формирование отчётной документации» раздела «Настройка отображения слоёв на чертеже», с. 189.

Монолитный материал

Для монолитного материала появляются две дополнительные группы: **Сдвигоустойчивость** и **Изгиб**.

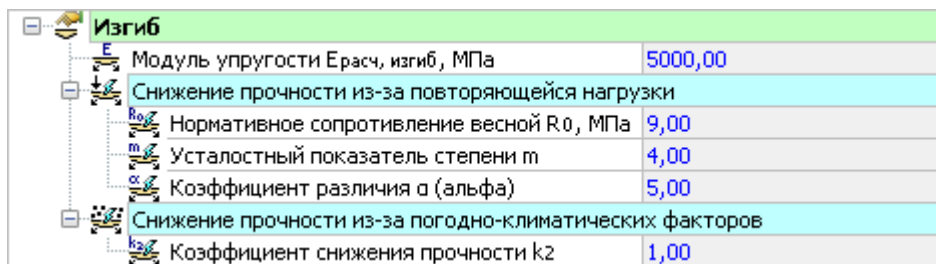
- В подгруппе **Варианты $E_{\text{расч, сдвиг}}$** задаётся модуль упругости по критерию сдвигоустойчивости при динамической нагрузке. Он зависит от расчётной температуры, которая, в свою очередь, зависит от дорожно-климатической зоны.

Сдвигоустойчивость	
Варианты $E_{\text{расч, сдвиг}}$, МПа	
Для зоны I	300,00
Для зоны II	300,00
Для зоны III	400,00
Для зоны IV	350,00
Для зоны V	300,00

Параметры сдвигоустойчивости при динамической нагрузке монолитного материала

Обратите внимание, что в проекте конструкции дорожной одежды содержится только одно значение модуля упругости, соответствующее выбранной дорожно-климатической зоне.

- Модуль упругости по критерию сопротивления при изгибе можно задать в поле **Модуль упругости $E_{\text{расч., изгиб}}$** .



Изгиб	
Модуль упругости $E_{\text{расч., изгиб}}$, МПа	5000,00
Снижение прочности из-за повторяющейся нагрузки	
Нормативное сопротивление весной R_0 , МПа	9,00
Усталостный показатель степени m	4,00
Коэффициент различия α (альфа)	5,00
Снижение прочности из-за погодно-климатических факторов	
Коэффициент снижения прочности k_2	1,00

Параметры сопротивления при изгибе монолитного материала

- В поле **Нормативное сопротивление весной R_0** задаётся нормативное значение предельного сопротивления растяжению при изгибе в условиях расчётной низкой весенней температуры (однократно приложенная нагрузка). В проекте конструкции дорожной одежды данный параметр имеет место только для нижнего слоя в пакете монолитных слоёв.
- Показатель степени, зависящий от свойств материала рассчитываемого монолитного слоя, можно задать в поле **Усталостный показатель степени m** . Обратите внимание, что данный параметр в проекте конструкции дорожной одежды доступен только для нижнего слоя в пакете монолитных слоёв.
- Коэффициент α , учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой, а также вероятность совпадения во времени расчётной (низкой) температуры покрытия и расчётного состояния грунта земляного покрытия, задаётся в поле **Коэффициент различия α (альфа)**. Данный параметр в проекте конструкции дорожной одежды отображается только для нижнего слоя в пакете монолитных слоёв.
- В поле **Коэффициент снижения прочности k_2** можно указать коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от воздействия погодно-климатических факторов. В проекте конструкции дорожной одежды данный параметр имеет место только для нижнего слоя в пакете монолитных слоёв.

Замечание

Параметры групп **Общие свойства** и **Морозоустойчивость** подробно рассмотрены в подразделе «Общий материал», с. 172.

Асфальтобетон

Асфальтобетоны имеют две дополнительные группы: **Параметры асфальтобетонных смесей** и **Статическая нагрузка**. С помощью параметров асфальтобетонных смесей можно определить расчётные характеристики на упругий прогиб (кратковременный модуль упругости при заданной температуре покрытия), на изгиб (расчётный модуль упругости, нормативное значение сопротивления растяжению при изгибе, показатель степени m , коэффициент α), на сдвигоустойчивость при динамической нагрузке (кратковременный модуль упругости при заданной температуре покрытия), на сдвигоустойчивость при статической нагрузке (расчётный модуль упругости при расчётной температуре).

- Тип асфальтобетона в соответствии с температурой его укладки (горячий, тёплый или холодный) можно выбрать в поле **Тип по температуре укладки**. При выборе пункта **Неизвестно** параметр не учитывается при расчётах.

Параметры асфальтобетонных смесей	
Тип по температуре укладки	Горячий
Пористость	Пористый
Зернистость	Песчаная смесь
Марка битума	БНД-, БН-60/90 (вязкий)
Тип смеси по фракциям	Неизвестна

Параметры асфальтобетонных смесей

- Вид асфальтобетона (высокоплотный, плотный, пористый или высокопористый) задаётся в поле **Пористость**. Выбор пункта **Неизвестно** означает, что этот параметр не будет учитываться при расчётах.
- Для некоторых асфальтобетонов доступно поле **Зернистость**, где можно определить степень зернистости материала. При выборе пункта **Неизвестная** параметр не учитывается при расчётах.
- Некоторые асфальтобетоны имеют дополнительное поле **Марка асфальтобетона**, в котором можно задать марку асфальтобетона: первую, вторую или третью. Выбор пункта **Неизвестная** означает, что этот параметр не будет учитываться при расчётах.
- В поле **Марка битума** задаётся марка битума асфальтобетона. При выборе пункта **Неизвестна** параметр не учитывается при расчётах.
- В поле **Тип смеси по фракциям** можно указать тип асфальтобетонной смеси. Выбор пункта **Неизвестна** означает, что этот параметр не будет учитываться при расчётах.

Замечание

Параметры асфальтобетонных смесей доступны только для материала в библиотеке и не отображаются для асфальтобетонов в проекте конструкции дорожной одежды.

Рассмотрим подробно дополнительную группу параметров **Статическая нагрузка**, предназначенную для выполнения расчёта на прочность по критерию сдвигоустойчивости при статической нагрузке.

- Модуль упругости материала по критерию сдвигоустойчивости при статической нагрузке задаётся в подгруппе **Варианты $E_{расч, стат}$** . Он зависит от расчётной температуры, которая, в свою очередь, зависит от дорожно-климатической зоны.



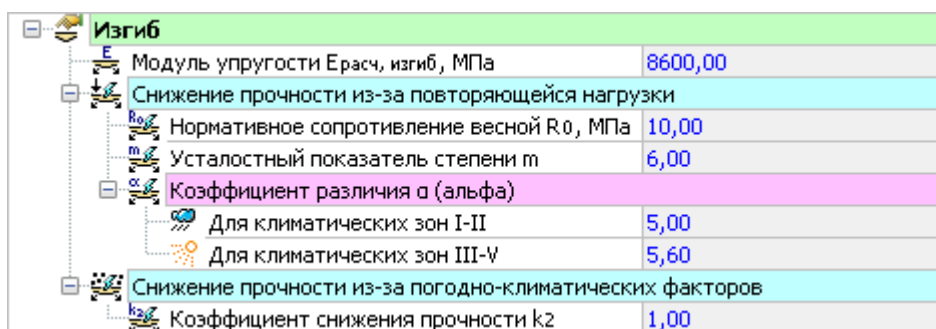
Статическая нагрузка	
Варианты $E_{расч, стат}$, МПа	
Для зоны I	480,00
Для зоны II	480,00
Для зоны III	420,00
Для зоны IV	360,00
Для зоны V	300,00

Параметры сдвигоустойчивости при статической нагрузке для асфальтобетона

Обратите внимание, что в проекте конструкции дорожной одежды содержится только одно значение модуля упругости, соответствующее выбранной дорожно-климатической зоне.


В группе параметров **Изгиб** асфальтобетоны имеют дополнительные параметры:

- Коэффициент α , учитывающий различие в реальном и лабораторном режимах растяжения повторной нагрузкой, а также вероятность совпадения во времени расчётной (низкой) температуры покрытия и расчётного состояния грунта земляного покрытия, задаётся в подгруппе **Коэффициент различия α (альфа)** и имеет зависимость от дорожно-климатической зоны.



Изгиб	
Модуль упругости $E_{расч, изгиб}$, МПа	8600,00
Снижение прочности из-за повторяющейся нагрузки	
Нормативное сопротивление весной R_0 , МПа	10,00
Усталостный показатель степени m	6,00
Коэффициент различия α (альфа)	
Для климатических зон I-II	5,00
Для климатических зон III-V	5,60
Снижение прочности из-за погодно-климатических факторов	
Коэффициент снижения прочности k_2	1,00

Параметры сопротивления при изгибе для асфальтобетона








В проекте конструкции дорожной одежды коэффициент α соответствует выбранной дорожно-климатической зоне. Если Вы измените его расчётное значение, то в поле появится кнопка , нажав которую, можно вернуть табличное значение коэффициента.

Замечание

Параметры групп **Сдвигоустойчивость** и **Изгиб** подробно рассмотрены в подразделе «Монолитный материал», с. 175.












Слабосвязный материал

- Прочностные характеристики слабосвязного материала сильно зависят от его увлажнённости. В связи с этим в подгруппе **Модуль упругости E** группы **Общие параметры** модуль упругости имеет зависимость от расчётной влажности. Помимо этого, в поле **Число вариантов W_p и E** Вы можете задать несколько вариантов модулей упругости, исходя из различных состояний увлажнённости материала.

 Модуль упругости E	
 Число вариантов W_p и E	3
 Вариант 1: $W_p = 0,70$, E = 120,0 МПа	
 Расчётная влажность W_p	0,70
 Модуль упругости E, МПа	120,0
 Вариант 2: $W_p = 0,75$, E = 100,0 МПа	
 Вариант 3: $W_p = 0,80$, E = 80,0 МПа	

Параметры модуля упругости слабосвязного материала

- Угол внутреннего трения материала при статическом действии нагрузки задаётся в подгруппе **Угол внутреннего трения $\varphi_{ст}$ при статическом действии нагрузки**. Значение угла указывается в поле **Угол $\varphi_{ст}$** . При необходимости можно задать несколько вариантов угла, зависящих от расчётной влажности. Для этого в поле **Число вариантов W_p и $\varphi_{ст}$** введите нужное число вариантов и для каждого угла задайте расчётную влажность в поле **Расчётная влажность W_p** .

 Сдвигоустойчивость	
 Угол внутреннего трения $\varphi_{ст}$ при статическом действии нагрузки	
 Число вариантов W_p и $\varphi_{ст}$	3
 Вариант 1: $W_p = 0,70$, $\varphi_{ст} = 32,0^\circ$	
 Расчётная влажность W_p	0,70
 Угол $\varphi_{ст}$, $^\circ$	32,0
 Вариант 2: $W_p = 0,75$, $\varphi_{ст} = 30,0^\circ$	
 Вариант 3: $W_p = 0,80$, $\varphi_{ст} = 28,0^\circ$	
 Угол внутреннего трения φ для расчёта активного напряжения сдвига	
 Варианты сцепления c_n	
 Коэффициент K_d работы конструкции на границе	4,00

Параметры угла внутреннего трения $\varphi_{ст}$ при статическом действии нагрузки

Обратите внимание, что в проекте конструкции дорожной одежды для слабосвязных материалов отображается только один угол внутреннего трения, соответствующий расчётной влажности, заданной в параметрах проекта.

- Угол внутреннего трения для расчёта активного напряжения сдвига, зависящий от расчётной влажности и суммарного числа приложения расчётной нагрузки, задаётся в подгруппе **Угол внутреннего трения φ для расчёта активного напряжения сдвига**. В проекте конструкции дорожной одежды система IndorPavement автоматически вычисляет нужное значение угла внутреннего трения φ с учётом заданных параметров расчётной влажности и суммарного числа приложения расчётной нагрузки.

Сдвигоустойчивость	
Угол внутреннего трения $\varphi_{ст}$ при статическом действии нагрузки	
Угол внутреннего трения φ для расчёта активного напряжения сдвига	
Число вариантов ΣN_p	3
Вариант 1	1000,00
Вариант 2	10000,00
Вариант 3	100000,00
Число вариантов W_p	2
W_p : вариант 1	0,70
φ (для $\Sigma N_p=1000$), °	35,00
φ (для $\Sigma N_p=10000$), °	36,00
φ (для $\Sigma N_p=100000$), °	33,00
W_p : вариант 2	0,75
Варианты сцепления c_n	
К.д	К.д
Кoeffициент K_d работы конструкции на границе	4,00

Параметры угла внутреннего трения φ для расчёта активного напряжения сдвига

- Варианты сцепления, зависящие от расчётной влажности и суммарного числа приложения расчётной нагрузки, задаются в подгруппе **Варианты сцепления c_n** . В проекте конструкции дорожной одежды система IndorPavement автоматически вычисляет нужное значение сцепления материала с учётом заданных параметров расчётной влажности и суммарного числа приложения расчётной нагрузки.

Сдвигоустойчивость	
Угол внутреннего трения $\varphi_{ст}$ при статическом действии нагрузки	
Угол внутреннего трения φ для расчёта активного напряжения сдвига	
Варианты сцепления c_n	
Число вариантов $\sum N_p$	5
Вариант 1	1,00
Вариант 2	1000,00
Вариант 3	10000,00
Вариант 4	100000,00
Вариант 5	1000000,00
Число вариантов W_p	3
W_p : вариант 1	0,70
c_n (для $\sum N_p=1$), МПа	0,004
c_n (для $\sum N_p=1000$), МПа	0,004
c_n (для $\sum N_p=10000$), МПа	0,003
c_n (для $\sum N_p=100000$), МПа	0,003
c_n (для $\sum N_p=1000000$), МПа	0,002
W_p : вариант 2	0,75
W_p : вариант 3	0,80
Коэффициент K_d работы конструкции на границе	4,00

Параметры вариантов сцепления c_n

- Коэффициент, учитывающий особенности работы конструкции на границе песчаного слоя с нижним слоем несущего основания, можно задать в поле **Коэффициент K_d работы конструкции на границе**.

Замечание

Параметры групп **Общие свойства** и **Морозоустойчивость** подробно рассмотрены в подразделе «Общий материал», с. 172.

Дополнительный слой основания

Материал дополнительного слоя основания может быть определён как морозозащитный, дренарующий или теплоизолирующий слой. Для материала дополнительного слоя основания доступен дополнительный параметр в группе **Морозоустойчивость**, а также группа параметров **Расчёт на дренаж**.

- Толщина слоя, полностью насыщенного водой, задаётся в поле **$h_{\text{нас}}$ (толщина слоя, насыщенного водой)**.

Расчёт на дренаж	
$h_{\text{нас}}$ (толщина слоя, насыщенного водой), м	0,05
$h_{\text{зап}}$ (дополнительная толщина слоя), м	0,15
K_f (коэффициент фильтрации), м/сут	2,20
Пористость	0,32

Параметры расчёта на дренаж дополнительного слоя основания

- В поле **$h_{\text{зап}}$ (дополнительная толщина слоя)** указывается дополнительная толщина слоя, зависящая от капиллярных свойств материала.
- В поле **K_f (коэффициент фильтрации)** можно ввести значение коэффициента фильтрации при расчёте дренаującego слоя.
- Пористость материала в долях единиц задаётся в поле **Пористость**.
- В поле **Теплопроводность $\lambda_{\text{мз}}$** задаётся коэффициент теплопроводности морозозащитного слоя.

Морозоустойчивость	
Теплопр-ть (мёрзл.) $\lambda_{\text{од}}$, Вт/(м*К)	1,74
Теплопроводность $\lambda_{\text{мз}}$, Вт/(м*К)	1,00

Параметры морозоустойчивости дополнительного слоя основания

Замечание

Параметры группы **Сдвигоустойчивость** подробно рассмотрены в подразделе «Слабосвязный материал», с. 179.

Грунт

Параметры грунта при расчёте на морозоустойчивость и дренирующий слой сильно отличаются от параметров конструктивных слоёв. Рассмотрим их подробно.

- Степень пучинистости грунта задаётся в соответствии с группой пучинистости (группа 1 – непучинистый, группа 2 – слабопучинистый, группа 3 – пучинистый, группа 4 – сильнопучинистый, группа 5 – чрезмернопучинистый) в поле **Пучинистость грунта**.

Морозоустойчивость	
Теплопр-ть (мёрзл.) $\lambda_{од}$, Вт/(м*К)	1,62
Пучинистость грунта	Группа 3 (пучинист...
$K_{угв}$ (коэффициент учёта уровня грунтовых вод)	0,60
$K_{нагр}$ (коэффициент учёта нагрузки от вышележащих слоёв)	0,20
$K_{пл}$ (коэффициент, зависящий от уплотнения слоя)	0,80
$K_{гр}$ (коэффициент учёта гранулометрии основания)	1,50
Коэффициент C_p для определения термического сопротивления	
Толщина дорожной одежды $h_{од} = 0,5$ м	
$h_{пр(доп)} < 50$	0,85
$h_{пр(доп)} = 50...100$	0,80
$h_{пр(доп)} > 100$	0,75
Толщина дорожной одежды $h_{од} = 1,0$ м	
Толщина дорожной одежды $h_{од} = 1,5$ м	
Толщина дорожной одежды $h_{од} = 2,0$ м	

Параметры морозоустойчивости грунта

- Коэффициент, учитывающий влияние расчётной глубины залегания уровня грунтовых вод или длительно стоящих поверхностных вод, задаётся в поле **$K_{угв}$ (коэффициент учёта уровня грунтовых вод)**.
- В поле **$K_{нагр}$ (коэффициент учёта нагрузки от вышележащих слоёв)** можно задать коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от собственного веса вышележащей конструкции на грунт в промерзающем слое и зависящий от глубины промерзания грунта.
- Коэффициент, зависящий от степени уплотнения грунта рабочего слоя, задаётся в поле **$K_{пл}$ (коэффициент, зависящий от уплотнения слоя)**.
- Коэффициент, учитывающий влияние гранулометрического состава грунта основания насыпи или выемки, можно ввести в поле **$K_{гр}$ (коэффициент учёта гранулометрии основания)**.
- В подгруппе **Коэффициент C_p для определения термического сопротивления** определяется коэффициент C_p , зависящий от толщины дорожной одежды и допустимой глубины промерзания.

В группе **Расчёт на дренаж** доступны следующие параметры:

- В поле **Q (приток воды в основание за расчётный период)** можно задать расчётное количество воды, накапливающейся в дренирующем слое за весь расчётный период.

Расчёт на дренаж	
Q (приток воды в основание за расчётный период), л/м ²	0,00
q (приток воды в основание за сутки), л/м ²	0,00
K _п (коэффициент "пик")	0,00
K _г (коэффициент гидрологического запаса)	1,00
n _п (содержание в грунте частиц менее 0,05 мм), %	20,00

Параметры расчёта на дренаж грунта

- Усреднённое значение притока воды в дренирующий слой задаётся в поле **q (приток воды в основание за сутки)**.
- Коэффициент «пик», учитывающий неустановившийся режим поступления воды из-за неравномерного оттаивания и выпадения атмосферных осадков, указывается в поле **K_п (коэффициент «пик»)**.
- Коэффициент гидрологического запаса, учитывающий снижение фильтрационной способности дренирующего слоя в процессе эксплуатации дороги, задаётся в поле **K_г (коэффициент гидрологического запаса)**.
- В поле **n_п (содержание в грунте частиц менее 0,05 мм)** можно определить гранулометрический состав в процентном соотношении.

Замечание

Параметры группы **Сдвигоустойчивость** подробно рассмотрены в подразделе «Слабосвязный материал», с. 179.

Песок

Для типа материала грунта **Песок** доступна дополнительная группа **Параметры песка**:

- В поле **Пылеватость** можно указать, пылеватый грунт или нет. Если опция установлена, то это означает, что грунт будет рассчитываться как пылеватый, если не установлена – значит, грунт не обладает свойством пылеватости.

Параметры песка	
Пылеватость	<input type="checkbox"/>
Зернистость	Крупнозернистый

Параметры песка

- Зернистость материала (крупнозернистый, среднезернистый или мелкозернистый) можно указать в поле **Зернистость**. Выбор пункта **Неизвестна** означает, что данный параметр не будет учитываться при расчётах.

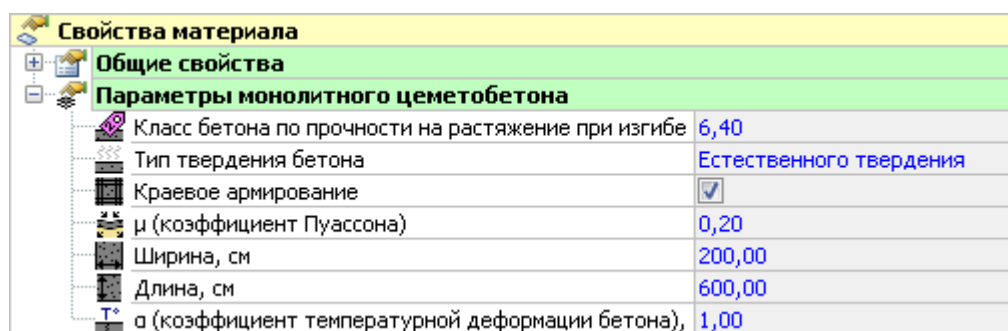
Замечание

Параметры других типов грунта земляного полотна аналогичны параметрам песка.

Монолитный цементобетон

Для монолитных цементобетонов доступна дополнительная подгруппа **Параметры монолитного цементобетона**, включающая физико-механические характеристики материала слоя.

- В поле **Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе** определяется класс бетона по прочности, влияющий на расчёт сопротивления при изгибе для конструкций асфальтобетонных покрытий с цементобетонным основанием.



Свойства материала	
Общие свойства	
Параметры монолитного цементобетона	
Класс бетона по прочности на растяжение при изгибе	6,40
Тип твердения бетона	Естественного твердения
Краевое армирование	<input checked="" type="checkbox"/>
μ (коэффициент Пуассона)	0,20
Ширина, см	200,00
Длина, см	600,00
α (коэффициент температурной деформации бетона), $10^{-6}/^\circ\text{C}$	1,00

Параметры монолитного цементобетона

- При выборе в поле **Тип твердения бетона** варианта **Естественного твердения** коэффициент набора прочности бетона $K_{нп} = 1,2$, варианта **Пропаренный** – $K_{нп} = 1,0$.
- В поле **Краевое армирование** можно задать тип армирования: краевое армирование цементобетона или неармированный цементобетон. Неармированное покрытие (опция отключена) задаёт коэффициент $K_M = 1,5$, при краевом армировании покрытия (опция включена) коэффициент $K_M = 1,0$.
- Коэффициент Пуассона, влияющий на упругую характеристику плиты, задаётся в поле **μ (коэффициент Пуассона)**. Обратите внимание, что μ_0 – коэффициент Пуассона основания задаётся в свойствах варианта (← см. гл. 5 «Технико-экономический анализ результатов», подраздел «Параметры варианта», с. 152).

- Ширина цементобетона задаётся в поле **Ширина**. Этот параметр влияет на расчёт момента сопротивления плиты.
- В поле **Длина** можно задать длину бетонной плиты.
- В поле **α (коэффициент температурной деформации бетона)** задаётся коэффициент линейной температурной деформации бетона α для определения напряжения σ_t при расчёте асфальтобетонных покрытий с цементобетонным основанием.

Бетонные плиты для сборных покрытий

При устройстве конструкции жёсткой дорожной одежды с бетонными плитами становится доступна дополнительная группа параметров **Параметры бетонной плиты**.

- Коэффициент Пуассона, влияющий на упругую характеристику плиты, задаётся в поле **μ (коэффициент Пуассона)**.

Свойства материала	
Общие свойства	
Параметры бетонной плиты	
μ (коэффициент Пуассона)	0,20
Ширина, см	200,00
Длина, см	600,00
Вес, кг	4000,00
Преднапряжённая плита	<input checked="" type="checkbox"/>

Параметры бетонной плиты

- В поле **Ширина** можно задать ширину бетонной плиты.
- В поле **Длина** можно задать длину бетонной плиты.
- Вес плиты можно задать в поле **Вес**.
- Установка опции **Преднапряжённая плита** влияет на определение изгибающего момента от монтажных нагрузок.

Глава

7

Формирование отчётной документации

В этой главе:

Формирование чертежа

Настройка отображения слоёв
на чертеже

Экспорт чертежа

Печать чертежа

Формирование отчёта

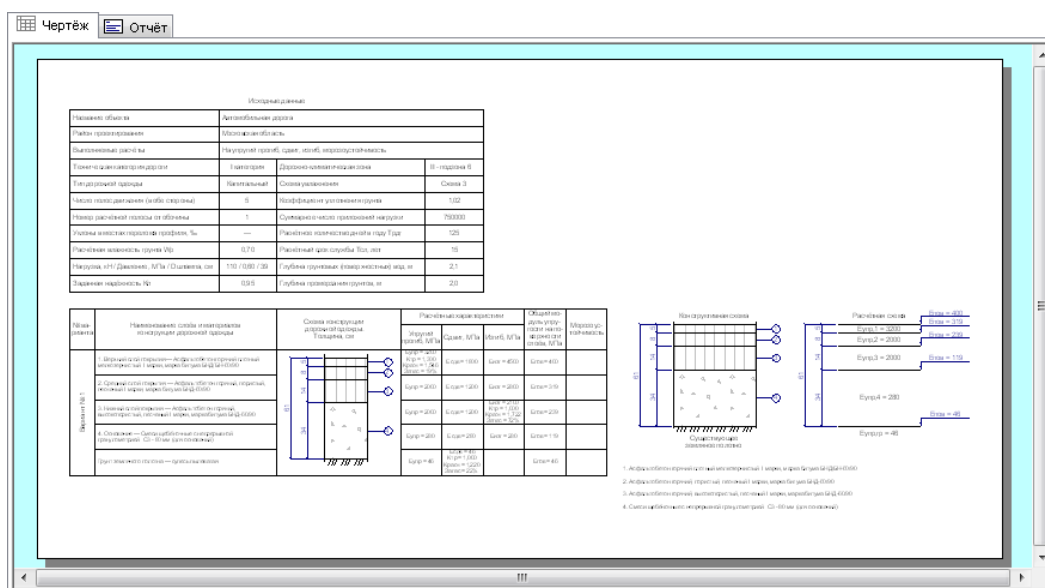
Экспорт отчёта

Формирование отчётной документации

В этой главе рассматривается формирование, печать и экспорт отчётной документации, представленной в системе IndorPavement в виде чертежа конструкции дорожной одежды и текстового отчёта по расчёту конструкции дорожной одежды.

Формирование чертежа

Чертёж конструкции автоматически формируется системой IndorPavement в процессе проектирования дорожной одежды. Область предварительного просмотра чертежа располагается в нижней части главного окна системы на закладке **Чертёж**.



Вид формируемого чертежа

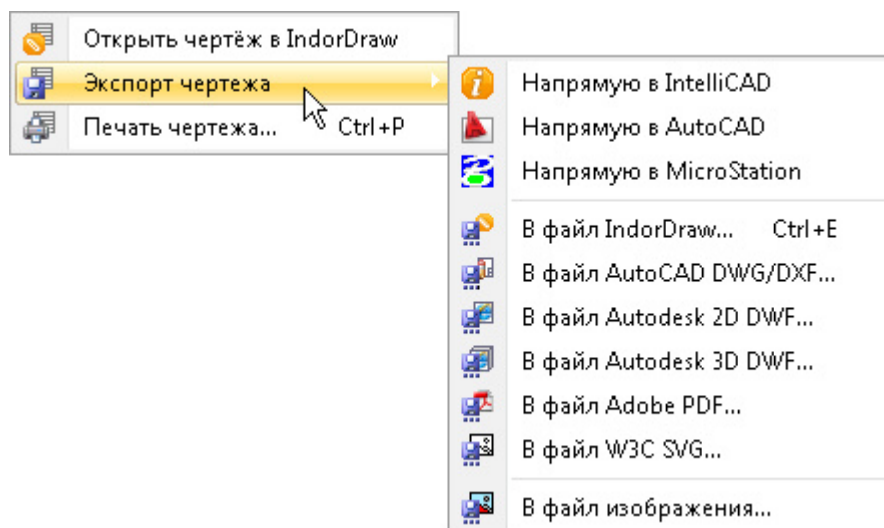
Чертёж содержит расчётную и конструктивную схемы конструкции дорожной одежды, а также таблицу с исходными данными проекта (например, название объекта и выполняемых расчётов, район проектирования, категория дороги и т.д.) и список материалов конструктивных слоёв. В дальнейшем Вы можете доработать чертёж в системе IndorDraw, AutoCAD или MicroStation, удалить ненужные данные, добавить штамп.

Каждый вариант конструкции дорожной одежды представлен в виде отдельной схемы, что позволяет наглядно сравнивать варианты.

Замечание

Чертёж дорожной одежды всегда актуален текущим настройкам проекта и сформированной конструкции дорожной одежды.

Нажав правую кнопку мыши в области предварительного просмотра чертежа, можно вызвать контекстное меню, которое объединяет команды для выполнения печати и экспорта чертежа.



Контекстное меню чертежа

Замечание

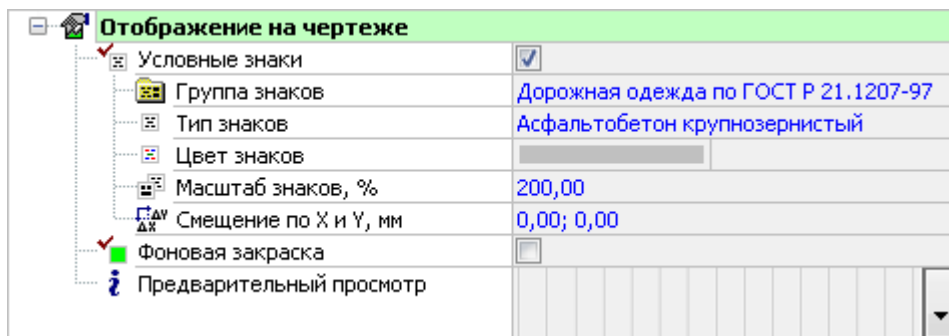
Чертёж имеет масштаб 1:500 и располагается, как правило, на листе нестандартного формата. Размер листа устанавливается такой, чтобы чертёж конструкции полностью поместился на листе.

Настройка отображения слоёв на чертеже

При добавлении материала в конструкцию дорожной одежды он отображается на чертеже стилем, который определён в библиотеке материалов. Чтобы назначить другой стиль оформления материала слоя текущей конструкции, задайте нужные параметры в инспекторе объектов на закладке, содержащей свойства слоя, в группе **Отображение на чертеже**.

Оформление конструктивных слоёв и слоя земляного полотна

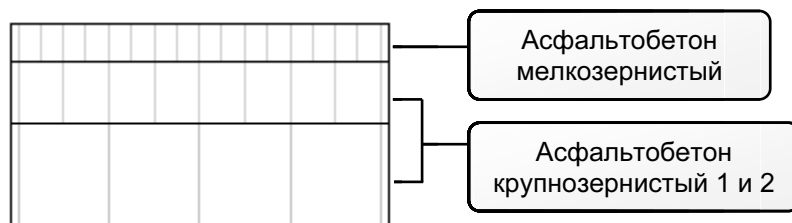
На чертеже слой может иметь сплошную заливку, заливку условными знаками или не иметь заливки вообще. Для назначения стиля оформления заливки условными знаками установите опцию **Условные знаки**. При этом сразу назначается тот стиль, который определён в библиотеке для этого материала. Чтобы изменить стиль оформления заливки, укажите нужную группу в поле **Группа знаков**, а в поле **Тип знаков** – тип заливки.



Параметры оформления конструктивного слоя

Совет

Если необходимо назначить различные заливки для асфальтобетонов в пакете монолитных слоёв, воспользуйтесь заливкой условными знаками. Например, для верхнего слоя пакета в поле **Тип знаков** назначьте заливку **Асфальтобетон мелкозернистый**, для среднего слоя – **Асфальтобетон крупнозернистый 1**, а для нижнего слоя – **Асфальтобетон крупнозернистый 2**.



Типы заливок условными знаками для асфальтобетонов

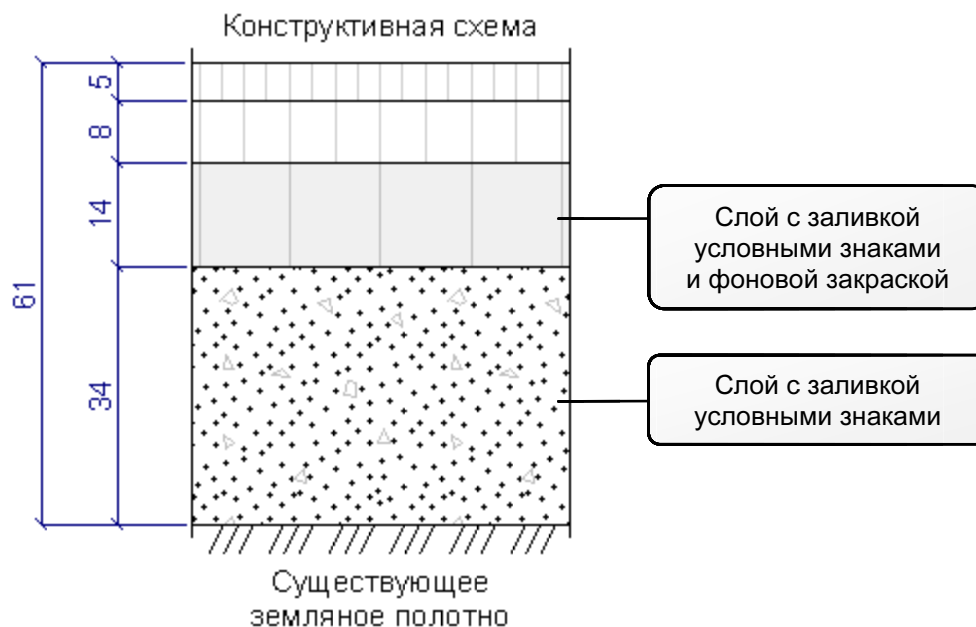
При необходимости можно изменить масштаб условных знаков заливки, а также указать смещение знаков по оси X и по оси Y в соответствующих полях **Масштаб знаков** и **Смещение по X и Y** и их цвет в поле **Цвет знаков**.

Чтобы назначить сплошную заливку слоя, установите опцию **Фоновая заливка** и из цветовой палитры в поле **Цвет фона** выберите нужный цвет.

Можно назначить одновременно заливку условными знаками и установить цвет фона, выбрав опции **Условные знаки** и **Фоновая заливка**.


Замечание

Фоновая заливка доступна не для всех типов условных знаков. Например, если выбран тип условных знаков **Щебень и битум**, то поле **Цвет фона** недоступно для редактирования.



Пример оформления конструктивных слоёв на чертеже

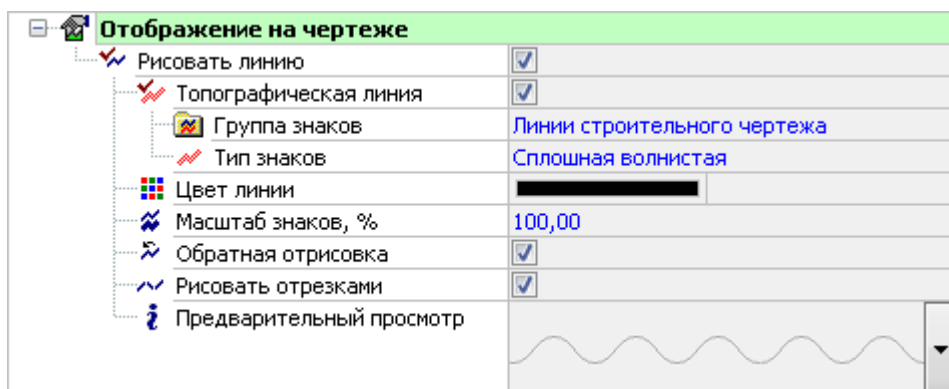
Чтобы убрать заливку слоя, выключите опции **Фоновая заливка** и **Условные знаки**. Слой будет иметь только контур.

В поле **Предварительный просмотр** отображается вид заливки в соответствии с установленными параметрами. При нажатии кнопки  можно выбрать масштаб отображения заливки в поле просмотра: **4:1 Очень крупно**, **2:1 Крупно**, **1:1 Нормально**, **1:2 Мелко** или **1:4 Очень мелко**.

Оформление геосинтетических материалов

На чертеже геосинтетический материал может отображаться сплошной, топографической линией или не отображаться вообще. Чтобы линия, обозначающая залегание геосинтетического материала в конструкции, отображалась на чертеже, включите опцию **Рисовать линию**. После этого становятся доступны параметры оформления линии. Линия может быть сплошной или топографической. Для назначения стиля оформления линии включите опцию **Топографическая линия**. При этом сразу назначается тот стиль, который задан в библиотеке для этого материала. Чтобы его изменить, укажите нужную группу в поле **Группа знаков**, а в поле **Тип знаков** – тип топографической линии.

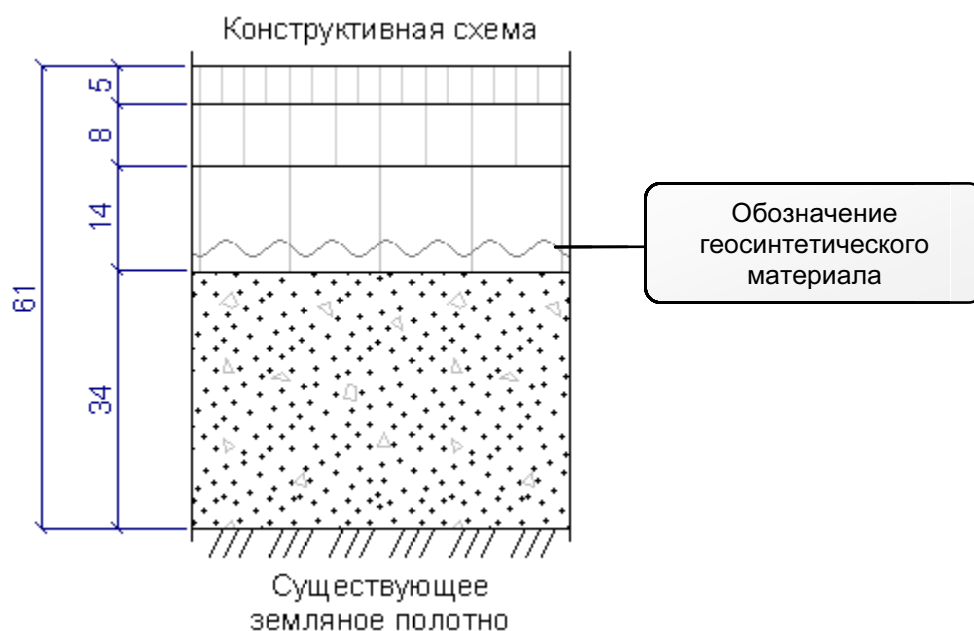
При необходимости можно изменить масштаб условного знака линии в поле **Масштаб знаков**, цвет в поле **Цвет линии**, а также задать отрисовку в обратном порядке, установив флаг **Обратная отрисовка**.



Параметры оформления геосинтетического материала

Чтобы применить выбранный стиль к каждому сегменту линии отдельно, установите флаг **Рисовать отрезками**.

Если линия сплошная, то ей можно задать цвет и толщину в полях **Цвет линий** и **Толщина линий** соответственно.



Пример оформления геосинтетического материала на чертеже


В поле **Предварительный просмотр** отображается вид линии в соответствии с установленными параметрами оформления. При нажатии кнопки можно выбрать масштаб топографической линии в поле просмотра: **4:1 Очень крупно**, **2:1 Крупно**, **1:1 Нормально**, **1:2 Мелко** или **1:4 Очень мелко**.



Экспорт чертежа

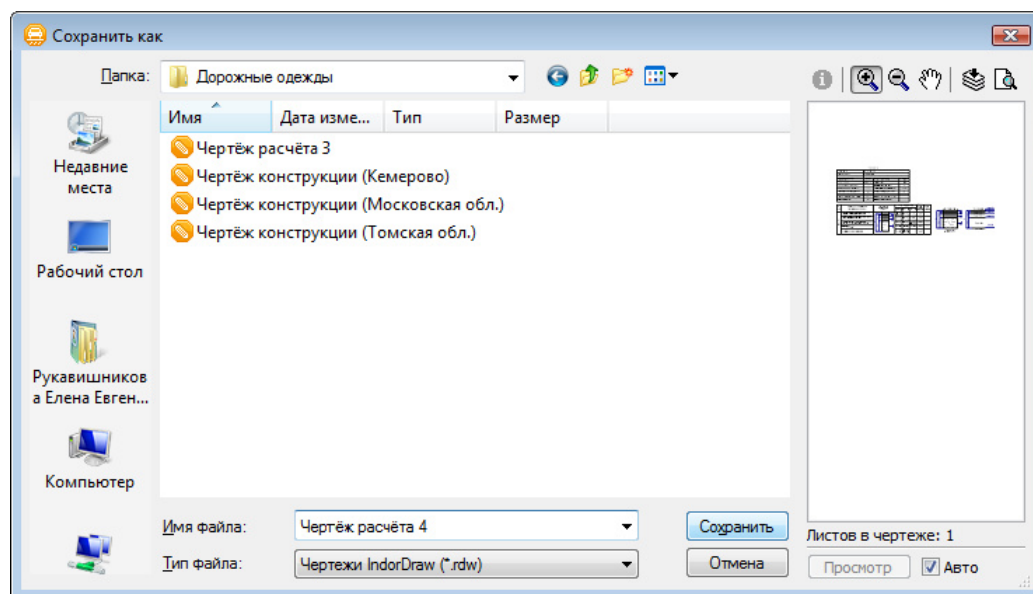
В системе IndorPavement возможен экспорт чертежей конструкции дорожной одежды в растровые файлы (*.bmp, *.jpg, *.gif, *.tif, *.png), в метафайл (*.wmf, *.emf), в растровый файл IndorSoft (*.rst), а также в файлы AutoCAD (*.dxf, *.dwg), IndorDraw (*.dwg), Autodesk 2D и 3D (*.dwf), Adobe (*.pdf), W3C (*.svg) и напрямую в такие системы, как IndorDraw, AutoCAD, IntelliCAD и MicroStation.

Команды экспорта доступны в главном и контекстном меню, а также на панели инструментов. В этом разделе будем ссылаться на команды главного меню.

В IndorDraw

Для экспорта чертежа конструкции дорожной одежды в систему подготовки чертежей IndorDraw выполните команду меню **Файл|  Открыть чертёж в IndorDraw**. Также для экспорта чертежа в систему IndorDraw можно воспользоваться «горячими» клавишами Ctrl+E. В этом случае сформированный чертёж конструкции дорожной одежды откроется в системе IndorDraw, где его можно доработать, удалить ненужную информацию или добавить штамп.

Если в данный момент Вам не нужно открывать систему IndorDraw, то можно сохранить чертёж в файл системы в формате RDW, выполнив команду меню **Файл|  Экспорт чертежа|  В файл IndorDraw...**. Откроется окно сохранения файла, в котором следует указать имя выходного файла.



Экспорт чертежа в файл IndorDraw

В AutoCAD

Чтобы экспортировать чертёж в систему AutoCAD, выполните команду меню **Файл| Экспорт чертежа| Напрямую в AutoCAD**. Эта команда доступна, если на Вашем компьютере установлена система AutoCAD. Независимо от того, установлена на компьютере система AutoCAD или нет, можно сохранить чертёж в файл AutoCAD с расширением *.dxf, *.dvg, выполнив команду меню **Файл| Экспорт чертежа| В файл AutoCAD DWG/DXF...** Откроется окно сохранения файла, в котором следует указать имя выходного файла и тип.

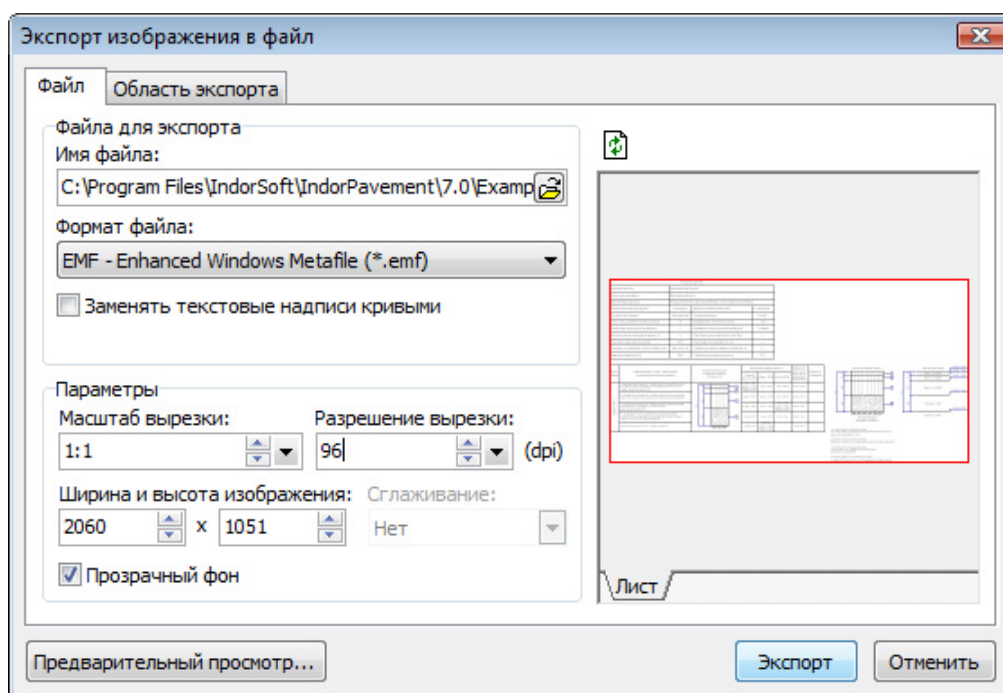
В файл изображения

Чтобы настроить параметры экспорта чертежа конструкции дорожной одежды в файл изображения, откройте диалоговое окно, выполнив команду меню **Файл| Экспорт чертежа| В файл изображения...**

Окно экспорта изображения содержит две закладки с настройками и область просмотра:






- **Файл.** На этой закладке необходимо указать имя файла, выбрать формат файла и задать специальные параметры выбранного формата (например, для формата JPEG – качество сжатия и признак того, что изображение должно быть экспортировано в оттенках серого).

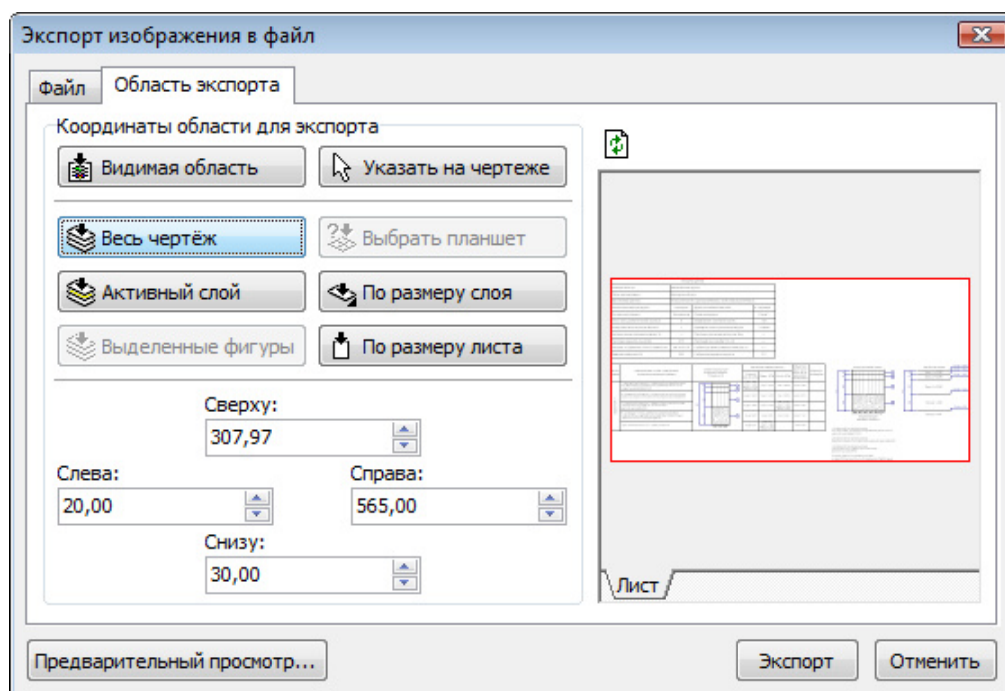
Ниже указываются размеры результирующего изображения: ширина и высота изображения, масштаб и разрешение изображения, а также способ сглаживания изображения.




Настройка параметров файла экспорта изображения

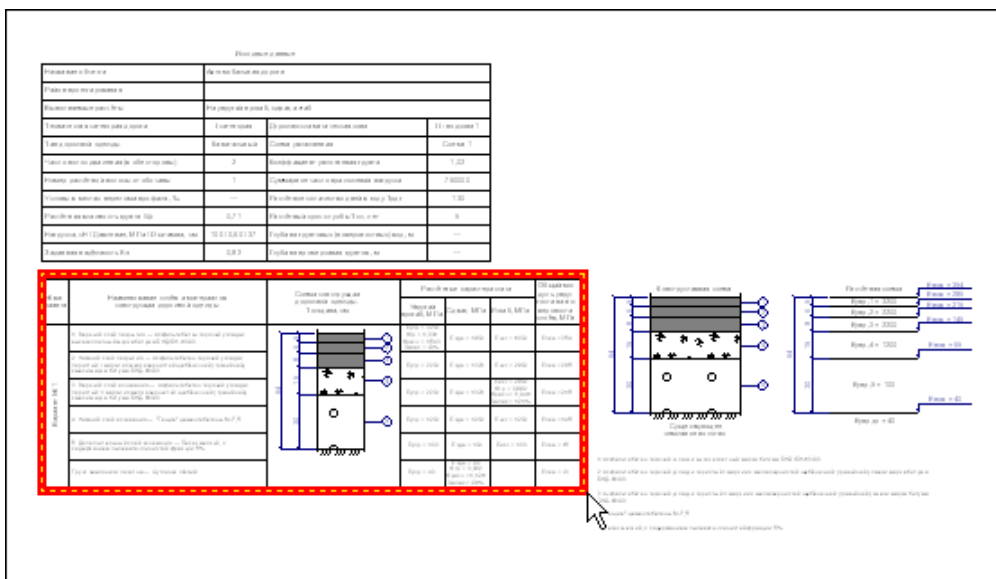
- **Область экспорта.** На этой закладке можно задать экспортируемую область чертежа, указав точные координаты области в полях **Слева**, **Сверху**, **Справа** и **Снизу**. При этом в качестве начала системы координат используется левый нижний угол листа.

Кроме этого, можно воспользоваться дополнительными командами. Кнопка  **Видимая область** устанавливает координаты области экспорта по размеру видимой области. Кнопка  **Весь чертёж** устанавливает координаты области по размеру, занимаемому всеми объектами чертежа. Кнопка  **По размеру листа** устанавливает координаты области по размеру листа чертежа, а кнопка  **По размеру слоя** соответственно устанавливает координаты по размеру, занимаемому всеми объектами выбранного из списка слоя. Кнопка  **Активный слой** устанавливает размер области экспорта в соответствии с размером, занимаемым всеми объектами активного слоя.



Настройка области экспорта изображения

Также можно указать экспортируемую область на чертеже. Для этого нажмите кнопку  **Указать на чертеже** и обведите рамкой нужный фрагмент чертежа.














Задание области экспорта на чертеже

Текущая экспортируемая область отображается в области предварительного просмотра справа.



Чтобы просмотреть изображение в отдельном окне, нажмите кнопку **Предварительный просмотр...**, расположенную в левом нижнем углу диалогового окна экспорта чертежа.

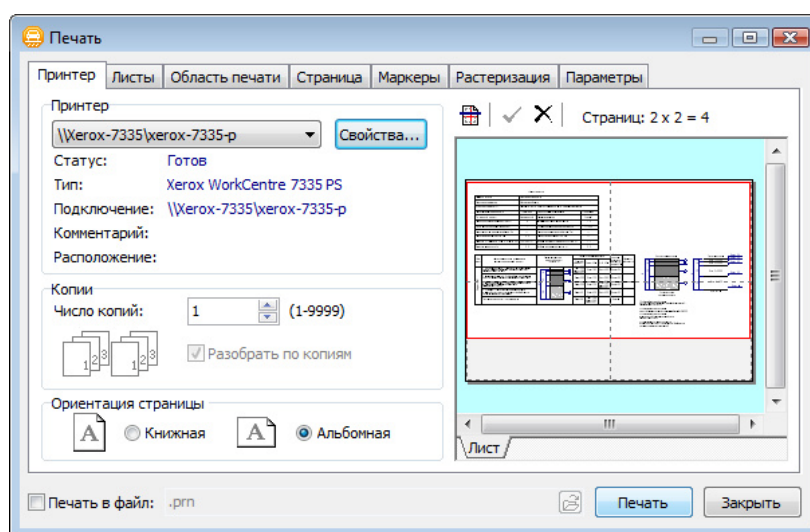
В другие системы

- Чтобы экспортировать чертёж конструкции дорожной одежды в систему IntelliCAD версий 6.4, 6.5 или 7.0, выполните команду меню **Файл** |  **Экспорт чертежа** |  **Напрямую в IntelliCAD**.
- Для экспорта чертежа конструкции дорожной одежды в систему MicroStation выполните команду меню **Файл** |  **Экспорт чертежа** |  **Напрямую в MicroStation**.
- Чтобы сохранить чертёж конструкции в файл Autodesk 2D с расширением *.dwf, выполните команду меню **Файл** |  **Экспорт чертежа** |  **В файл Autodesk 2D DWF...** Откроется окно экспорта файла, в котором следует указать имя выходного файла.
- Аналогично предыдущему пункту можно экспортировать чертёж в файл Autodesk 3D, выполнив команду  **В файл Autodesk 3D DWF...**
- Чтобы экспортировать чертёж в файл с расширением *.pdf, выполните команду меню **Файл** |  **Экспорт чертежа** |  **В файл Adobe PDF...** Откроется окно экспорта файла, в котором следует указать имя выходного файла.

- Для экспорта чертежа в векторный файл с расширением *.svg выполните команду меню **Файл** |  **Экспорт чертежа** |  **В файл W3C SVG...** Откроется окно экспорта файла, в котором следует указать имя выходного файла.

Печать чертежа

Параметры печати чертежа конструкции дорожной одежды настраиваются в диалоговом окне, которое открывается при выполнении команды меню **Файл** |  **Печать чертежа...**, или кнопкой  **Печать чертежа конструкции дорожной одежды** на панели инструментов. Также можно воспользоваться сочетанием клавиш Ctrl+P.



Настраиваемые параметры печати

Окно настройки печати состоит из нескольких закладок, содержащих группы параметров печати и область просмотра.

- На закладке **Принтер** можно выбрать принтер, на который будет выводиться печать, настроить его параметры, указать количество копий и ориентацию листа.
- На закладке **Область печати** можно выбрать область чертежа, которую следует распечатать.
- На закладке **Страница** можно задать поля страницы или установить их в соответствии с параметрами принтера, нажав кнопку **По минимуму**.
- На закладке **Маркеры** можно установить специальные метки (маркеры), которые отображаются на листе и делают более удобной обрезку или склейку листов.
- При необходимости на закладке **Растеризация** можно задать такие параметры, как разрешение печати, максимальный используемый объём памяти и приведение к серым цветам.

- На закладке **Параметры** можно установить опции приведения всех надписей к чёрному цвету и способ их отображения в виде полигонов.

Замечание

Диалог настройки параметров печати в системе IndorPavement аналогичен диалогу в системе IndorDraw. Подробное описание настройки параметров печати и варианты печати чертежа (на одном стандартном листе, на плоттере или на нескольких стандартных листах) Вы можете посмотреть в Руководстве пользователя по системе IndorDraw (см. [11, гл. 9 «Оформление, печать и экспорт чертежа», раздел «Печать чертежа»]).

Формирование отчёта

Отчёт о проведённых расчётах конструкции дорожной одежды, как и чертёж, формируется системой IndorPavement в процессе проектирования дорожной одежды. Просмотреть сформированный отчёт можно в нижней части главного окна системы на закладке **Отчёт**.

Исходные данные	
Название объекта:	Автомобильная дорога
Район проектирования:	Московская область
Выполняемые расчёты:	На упругий прогиб, сдвиг, изгиб, морозоустойчивость
Техническая категория дороги:	I категория
Тип дорожной одежды:	Капитальный
Число полос движения (в обе стороны):	5
Номер расчётной полосы от обочины:	1
Уклоны в местах перелома профиля, %:	—
Расчётная влажность грунта W_p :	0,70
Нагрузка, кН / Давление, МПа / D штампа, см:	110 / 0,60 / 39
Суммарное число приложенных нагрузки:	750000
Состав движения	
Легковые и грузовые автомобили до 2 т:	0
Грузовые автомобили от 2 до 5 т:	0
Грузовые автомобили от 5 до 8 т:	0
Грузовые автомобили свыше 8 т:	0
Автобусы:	0
Тягачи с прицепами:	0
Заданная надёжность K_n :	0,95
Дорожно-климатическая зона:	II - подзона 6
Схема увлажнения:	Схема 3
Коэффициент уплотнения грунта:	1,02
Расчётное количество дней в году $T_{рдг}$:	125
Расчётный срок службы $T_{сп}$, лет:	15
Глубина грунтовых (поверхностных) вод, м:	2,1

Вид формируемого отчёта

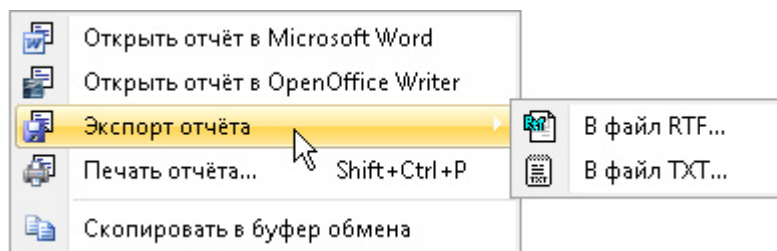
Отчёт содержит исходные данные проекта и все расчётные параметры, представленные для каждого варианта конструкции отдельно.

Замечание

Отчёт о расчёте конструкции дорожной одежды всегда актуален текущим настройкам проекта и сформированной конструкции.

Если конструкция не удовлетворяет установленному критерию расчёта, то результаты расчёта по этому критерию в отчёте будут выделены красным цветом.

Нажав правую кнопку мыши в области предварительного просмотра отчёта, можно вызвать контекстное меню, которое объединяет команды печати и экспорта (► см. следующий раздел), доступные для текстового отчёта. Также можно скопировать текст отчёта в буфер обмена.



Контекстное меню отчёта

Экспорт отчёта

Экспорт отчётной документации в текстовом виде возможен в текстовые файлы с расширением *.rtf или *.txt, а также напрямую в Microsoft Word и OpenOffice Writer. Команды экспорта доступны в главном и контекстном меню, а также на панели инструментов. В этом разделе будем в основном ссылаться на команды главного меню.

- Для экспорта отчёта в текстовый файл с расширением *.txt выполните команду меню **Файл | Экспорт отчёта | В файл TXT...** Откроется окно экспорта в текстовый файл, в котором следует указать имя выходного файла.
- Аналогично можно экспортировать отчёт в текстовый файл с расширением *.rtf, выполнив команду меню **Файл | Экспорт отчёта | В файл RTF...**
- Чтобы экспортировать отчёт напрямую в Microsoft Word, выполните команду меню **Файл | Открыть отчёт в Microsoft Word.**
- В системе IndorPavement реализован экспорт текстовой отчётной документации в бесплатный текстовый редактор OpenOffice Writer. Для экспорта отчёта выполните команду меню **Файл | Открыть отчёт в OpenOffice Writer.**
- При необходимости отчёт по расчёту конструкции дорожной одежды можно скопировать в буфер обмена, выполнив команду контекстного меню **Скопировать в буфер обмена.** Затем скопированный текст можно вставить в любой системе.

Приложения

В приложениях:

Перечень команд главного меню

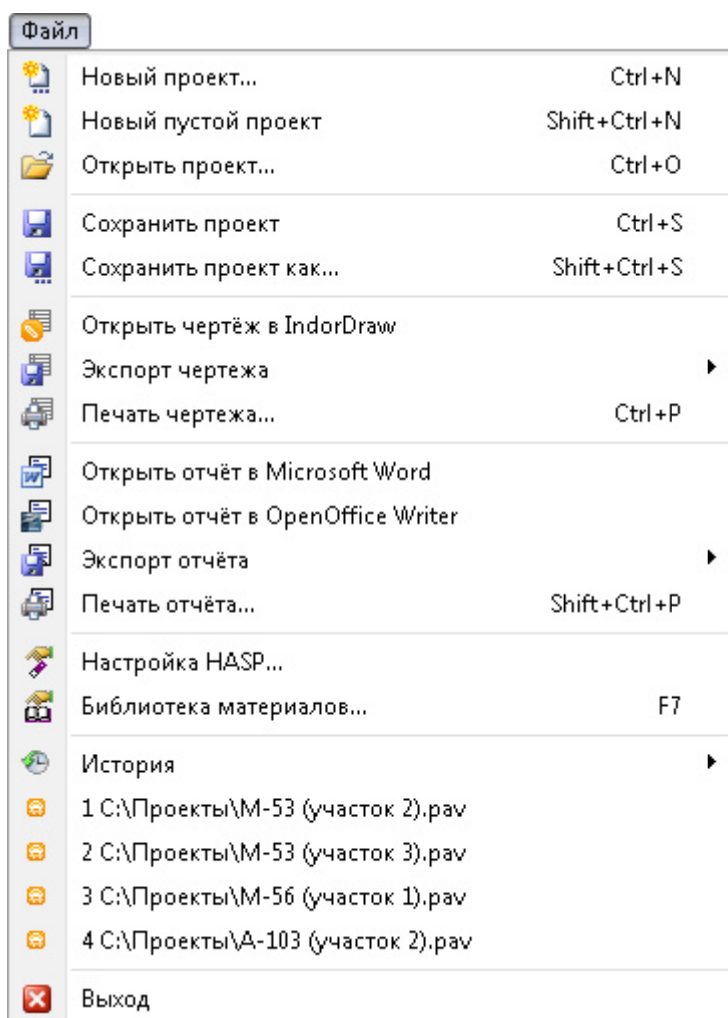
Список «горячих» клавиш

Приложение А. Перечень команд главного меню

В этом приложении перечислены все команды главного меню. Кратко дано описание назначения каждой команды со ссылкой на подробное описание команды в Руководстве.


Меню «Файл»


Меню **Файл** содержит команды, предназначенные для выполнения с проектами операций общего характера: создания, открытия, сохранения, экспорта отчётной документации, её печати, а также команду настройки ключа HASP и команду вызова библиотеки материалов.




Меню **Файл**


В нижней части меню находится список файлов, которые открывались в предыдущие сеансы работы (первым указывается тот файл, который использовался последним). Для открытия файла из этого списка достаточно щёлкнуть мышью на его названии.

 **Новый проект...** Открывает мастер создания проекта дорожной одежды с помощью альбома типовых решений (см. гл. 5 «Технико-экономический анализ результатов», раздел «Мастер создания конструкций», с. 155).


 **Новый пустой проект.** Создаёт новый проект дорожной одежды (см. гл. 1 «Начало работы», подраздел «Создание пустого проекта», с. 40).


 **Открыть проект...** Открывает проект, указанный в диалоге (см. гл. 1 «Начало работы», подраздел «Открытие проекта», с. 40).


 **Сохранить проект.** Сохраняет проект под текущим именем.


 **Сохранить проект как...** Сохраняет проект в файл с именем, указанным в диалоге (см. гл. 1 «Начало работы», подраздел «Сохранение проекта», с. 42).


 **Открыть чертёж в IndorDraw.** Открывает чертёж конструкции дорожной одежды в системе IndorDraw.


 **Экспорт чертежа.** Эта команда открывает подменю, содержащее различные варианты экспорта чертежа конструкции дорожной одежды (см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», раздел «Экспорт чертежа», с. 193).


 **Печать чертежа...** Открывает диалоговое окно печати чертежа (см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», раздел «Печать чертежа», с. 197).


 **Открыть отчёт в Microsoft Word.** При выполнении этой команды отчёт по расчёту конструкции дорожной одежды открывается в программе Microsoft Word.


 **Открыть отчёт в OpenOffice Writer.** Открывает отчёт по расчёту конструкции дорожной одежды в OpenOffice Writer.

 **Экспорт отчёта.** Эта команда открывает подменю, содержащее различные варианты экспорта отчёта по расчёту конструкции дорожной одежды (см. гл. 7 «Формирование отчётной документации», раздел «Экспорт отчёта», с. 199).

 **Печать отчёта...** Открывает стандартное диалоговое окно настройки параметров печати отчёта.

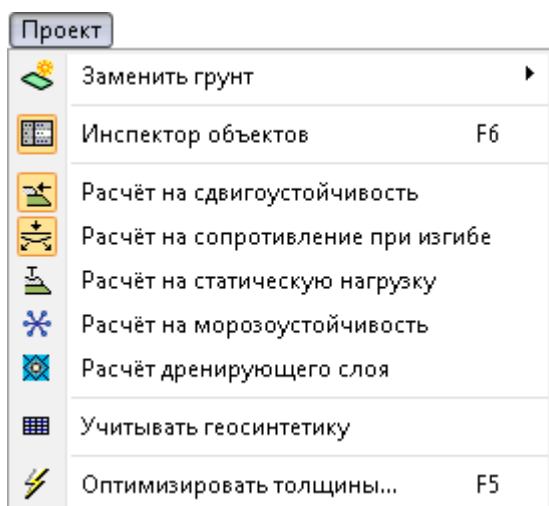
 **Настройка HASP...** При выполнении этой команды открывается окно настройки электронного ключа HASP (см. гл. 1 «Начало работы», раздел «Защита от несанкционированного копирования», с. 23).

 **Библиотека материалов...** Открывает диалоговое окно библиотеки материалов, содержащей описание всех доступных материалов системы и позволяющей создавать новые материалы или редактировать и удалять существующие (см. гл. 6 «Работа с библиотекой материалов», с. 165).


 **Выход.** Выполняет выход из системы. Перед закрытием система запрашивает подтверждение изменений для несохранённого проекта.


Меню «Проект»


Меню **Проект** содержит критерии расчёта конструкции дорожной одежды, команду вызова диалогового окна подбора толщин слоёв, команду вызова инспектора объектов, а также подменю выбора грунта земляного полотна.




Меню **Проект**


 **Заменить грунт.** Открывает подменю, содержащее доступные материалы земляного полотна (см. гл. 2 «Формирование конструкции дорожной одежды», подраздел «Замена грунта земляного полотна», с. 57).


 **Инспектор объектов.** Открывает инспектор объектов (см. гл. 1 «Начало работы», раздел «Использование инспектора объектов», с. 36). Повторное выполнении команды делает инспектор объектов невидимым.


 **Расчёт на сдвигоустойчивость.** Включает режим расчёта на прочность по критерию сдвигоустойчивости при динамической нагрузке конструкции дорожной одежды жёсткого (см. гл. 4 «Расчёт жёстких дорожных одежд», раздел «Расчёт сдвигоустойчивости основания», с. 144) и нежёсткого типов (см. гл. 3 «Расчёт нежёстких дорожных одежд», раздел «Расчёт на сдвигоустойчивость», с. 82). Для новых проектов режим включен.


 **Расчёт на сопротивление при изгибе.** Эта команда включает режим расчёта на прочность по критерию сопротивления усталостному разрушению от растяжения при изгибе конструкции дорожной одежды жёсткого (см. гл. 4 «Расчёт жёстких дорожных одежд», раздел «Расчёт сопротивле-


ния при изгибе цементобетонного покрытия», с. 121, раздел «Расчёт сопротивления при изгибе цементобетонного основания и монолитных слоёв покрытия», с. 130 и раздел «Определение расчётных характеристик сборных покрытий из плит», с. 138) и нежесткого типов (см. гл. 3 «Расчёт нежестких дорожных одежд», раздел «Расчёт на сопротивление при изгибе», с. 86). Режим включен для новых проектов.

 **Расчёт на статическую нагрузку.** Эта команда включает режим расчёта конструкции дорожной одежды на прочность по критерию сдвигоустойчивости при статической нагрузке (см. гл. 3 «Расчёт нежестких дорожных одежд», раздел «Расчёт на статическую нагрузку», с. 90).

 **Расчёт на морозоустойчивость.** Включает режим расчёта конструкции дорожной одежды на морозоустойчивость (см. гл. 3 «Расчёт нежестких дорожных одежд», раздел «Расчёт на морозоустойчивость», с. 93). При расчёте конструкции дорожной одежды жесткого типа необходимо учитывать специфические параметры дорожной одежды (см. гл. 4 «Расчёт жестких дорожных одежд», раздел «Расчёт на морозоустойчивость», с. 148).

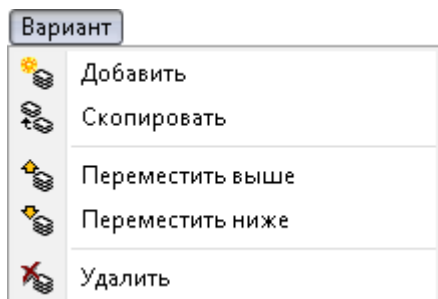
 **Расчёт дренающего слоя.** Включает режим расчёта дренающего слоя конструкции дорожной одежды (см. гл. 3 «Расчёт нежестких дорожных одежд», раздел «Расчёт дренающего слоя», с. 100).

 **Учитывать геосинтетику.** Включает режим корректировки расчётов конструкции дорожной одежды по установленным критериям с учётом заданных геосинтетических материалов (см. гл. 3 «Расчёт нежестких дорожных одежд», раздел «Расчёт с учётом геосинтетических защитно-армирующих материалов», с. 108 и раздел «Расчёт с учётом геосинтетических защитно-дренирующих материалов», с. 112). Режим включен для новых проектов.


 **Оптимизировать толщины...** Запускает процесс поиска вариантов конструкции дорожной одежды с заданными исходными параметрами (см. гл. 5 «Технико-экономический анализ результатов», раздел «Оптимизация конструкции дорожной одежды», с. 158). Найденные варианты представляются в отдельном окне.


Меню «Вариант»


Меню **Вариант** содержит команды, предназначенные для работы с вариантами конструкции дорожной одежды.




Меню **Вариант**

 **Добавить.** Добавляет пустой вариант конструкции в область формирования конструкции дорожной одежды (см. гл. 5 «Технико-экономический анализ результатов», подраздел «Создание варианта», с. 153).

 **Скопировать.** Копирует и вставляет выделенный вариант конструкции дорожной одежды (см. гл. 5 «Технико-экономический анализ результатов», подраздел «Операции с вариантом», с. 154).

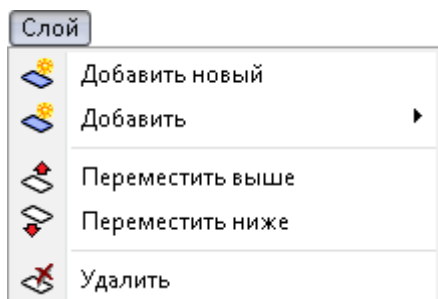
 **Переместить выше.** Эта команда перемещает выделенный вариант конструкции дорожной одежды вверх по списку на одну позицию.

 **Переместить ниже.** Перемещает выделенный вариант конструкции дорожной одежды вниз по списку на одну позицию.


 **Удалить.** Удаляет выделенный вариант конструкции дорожной одежды.


Меню «Слой»


Меню **Слой** содержит команды, предназначенные для работы с конструктивными слоями дорожной одежды.




Меню **Слой**

 **Добавить новый.** Создаёт новый конструктивный слой, не характеризующийся никаким материалом (см. гл. 2 «Формирование конструкции дорожной одежды», подраздел «Добавление конструктивного слоя», с. 48).

 **Добавить.** Раскрывает подменю, содержащее доступные материалы конструктивных слоёв.

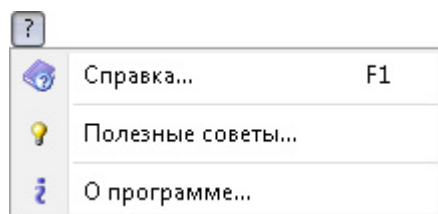
 **Переместить выше.** Перемещает выделенный конструктивный слой на одну позицию вверх (см. гл. 2 «Формирование конструкции дорожной одежды», подраздел «Перемещение конструктивного слоя», с. 55).

 **Переместить ниже.** При выполнении этой команды выделенный конструктивный слой перемещается на позицию вниз.

 **Удалить.** Удаляет выделенный конструктивный слой.


Меню «Справка»


Меню **Справка** содержит команды для вызова справки, полезных советов, а также информации о программе.



Меню **Справка**

 **Справка...** При нажатии этой кнопки открывается окно, содержащее справочную информацию о системе IndorPavement.

 **Полезные советы...** Открывает окно, в котором собраны полезные советы – краткая информация о командах и расчётах системы.

 **О программе...** Открывает окно, в котором содержится информация о названии программного продукта, текущая версия, а также контактная информация.

Приложение Б. Список «горячих» клавиш

Для повышения эффективности работы в системе IndorPavement предусмотрены «горячие» клавиши – сочетания одной или нескольких клавиш, при нажатии которых выполняется определённое действие. «Горячие» клавиши указаны в пунктах меню справа от названия команды, а для кнопок на панели инструментов – во всплывающих подсказках.

Вызов справки

F1

Вызов справки (меню **?**, команда **Справка...**). Если при нажатии на эту клавишу активно диалоговое окно, то справка откроется на соответствующем разделе. Для некоторых параметров (например, параметров проекта) также реализована справочная информация.

Доступ к меню

F10 или Alt

Выбор строки главного меню или закрытие открытого меню (вместе с подменю, если оно открыто).

Alt+подчёркнутая буква в названии меню

Открытие меню: Alt+Ф – меню **Файл**, Alt+П – меню **Проект**, Alt+В – меню **Вариант**, Alt+С – меню **Слой**, Alt+? – меню **Справка** (эта сочетание клавиш действует только при английской раскладке клавиатуры, если включена русская раскладка клавиатуры, то меню **Справка** можно вызвать сочетанием клавиш Alt+Shift+7).

Стрелка влево или Стрелка вправо

Выбор меню слева или справа. При открытом подменю переключение между основным меню и подменю.

Стрелка вверх или Стрелка вниз

Выбор предыдущей или следующей команды после открытия меню или подменю.

Enter

Открытие выбранного меню или выполнение действия, которое назначено выбранной команде.

Esc

Заккрытие открытого меню. При открытом подменю закрытие подменю.

Замечание

С помощью клавиатуры можно выбрать любую команду в строке меню. Чтобы раскрыть меню, содержащее нужную команду, нажмите Alt+подчёркнутую букву меню. Для выбора команды нажмите букву, подчёркнутую в названии этой команды.

Создание, открытие и сохранение проектов

Ctrl+N

Открытие диалогового окна создания конструкции дорожной одежды с помощью альбома типовых строительных конструкций (меню **Файл**, команда **Новый проект...**).

Shift+Ctrl+N

Создание нового пустого проекта конструкции дорожной одежды (меню **Файл**, команда **Новый пустой проект**).

Ctrl+O

Открытие проекта дорожной одежды, указанного в диалоге (меню **Файл**, команда **Открыть проект...**).

Ctrl+S

Сохранение проекта под текущим именем (меню **Файл**, команда **Сохранить проект**).

Shift+Ctrl+S

Сохранение проекта под именем, указанным в диалоге (меню **Файл**, команда **Сохранить проект как...**).

Отмена действий

Alt+Backspace

Отмена одного действия (кнопка **Отменить** на панели инструментов).

Shift+Alt+Backspace

Возврат одного отменённого действия (кнопка **Вернуть** на панели инструментов).

Диалоговые окна и инспектор объектов

F5

Открытие окна, где отображены варианты конструкции дорожной одежды, оптимизированные по толщинам слоёв (меню **Проект**, команда **Оптимизировать толщины...**).

F6

Открытие инспектора объектов главного окна системы (меню **Проект**, команда **Инспектор объектов...**).

F7

Открытие библиотеки материалов (меню **Файл**, команда **Библиотека материалов...**).

Печать и экспорт отчётной документации

Ctrl+P

Открытие окна настройки параметров печати чертежа конструкции дорожной одежды (меню **Файл**, команда **Печать чертежа...**).

Shift+Ctrl+P

Открытие окна настройки параметров печати отчёта по расчёту конструкции дорожной одежды (меню **Файл**, команда **Печать отчёта...**).

Ctrl+E

Открытие окна настройки параметров экспорта чертежа в файл системы IndorDraw (меню **Файл**, команда **Экспорт чертежа|В файл IndorDraw...**).

Предметный указатель

А

Асфальтобетон 177

Б

Библиотека материалов

асфальтобетон 177

бетонные плиты для сборных
покрытий 186

глина 185

грунт 183

копирование материала 170

материал дополнительного слоя
основания 182

материал монолитный 176

материал общий 173

материал слабосвязный 179

переименование группы
материалов 168

перемещение группы материалов 169

перемещение материала 170

песок 184

создание группы материалов 168

создание нового материала 170

сохранение материалов 171

суглинок 185

супесь 185

удаление группы материалов 169

удаление материала 170

цементобетон монолитный 185

В

Вариант конструкции дорожной
одежды

активный 150

копирование 154

оптимизация 158

переименование 154

перемещение 154

редактирование параметров 152

слои 151

создание 153

удаление 154

Визуальный анализ расчёта 66, 114

Возврат действий 43

Г

Геосинтетическая прослойка

оформление 191

перемещение 63

понятие 34

редактирование параметров 62

создание 61

удаление 64

учёт при расчёте с защитно-
армирующим материалом 108

учёт при расчёте с защитно-
дренирующим материалом 112

Главное окно системы 35

Глина 185

Грунт (тип материала) 183

Грунт земляного полотна

глина 185

грунт (тип материала) 183

задание 57

оформление 190

песок 184

понятие 34

редактирование параметров 58

суглинок 185

супесь 185

Группа материалов

переименование 168

перемещение 169

создание 168

удаление 169

Д

Диаметр отпечатка шины

при динамической нагрузке 76

при статической нагрузке 76
Добавление конструкций в проект
из мастера создания конструкций 158
при оптимизации конструкции 164
Дренирующий слой 100

З

Задание грунта земляного полотна 57
Зона дорожно-климатическая 73

И

Иерархия материалов 171
Инспектор объектов 36
Интенсивность приведённая 77

К

Калькулятор 39
Категория дороги техническая 72
Ключ HASP
локальный 24
сетевой 26
способы подключения 23
Копирование
варианта конструкции дорожной
одежды 154
материала 170
Коэффициент Пуассона
асфальтобетона 132, 133
бетона 123, 127, 131, 139, 145, 185,
186
основания 123, 127, 139, 144, 152
понятие 34

Л

Локальный ключ HASP 24

М

Мастер создания конструкций
добавление конструкций в
проект 158
задание параметров поиска 156
окно 155
формирование конструкций 158

Материал

асфальтобетон 177
глина 185
грунт 183
дополнительного слоя основания 182
иерархия 171
копирование 170
монолитный 176
общий 173
перемещение 170
песок 184
плита бетонная для сборных
покрытий 186
слабосвязный 179
создание 170
суглинок 185
супесь 185
удаление 170
цементобетон монолитный 185
Модуль упругости 34, 67, 115
Морозоустойчивость 93, 148

Н

Надёжность заданная 74

О

Обновление версии системы 21
Одежда дорожная
жёсткая 33
нежёсткая 33
понятие 33
структура 46
Окно
библиотеки материалов 166
главное 35
мастера создания конструкций 155
оптимизации конструкции 160
печати чертежа 197
Оптимизация варианта конструкции
дорожной одежды 158
Открытие
библиотеки материалов 166
инспектора объектов 36
мастера создания конструкций 155
проекта 40

Отмена действий 43

Отчёт

формирование 198

экспорт 199

Оформление

грунта земляного полотна 190

прослойки из геосинтетического
материала 191

слоя конструктивного 190

П

Параметры

асфальтобетона 177

варианта конструкции дорожной
одежды 152

глины 185

грунта 183

грунта земляного полотна 58

мастера создания конструкций 156

материала дополнительного слоя
основания 182

материала монолитного 176

материала общего 173

материала слабосвязного 179

оптимизации дорожной одежды 159

песка 184

плиты бетонной для сборных
покрытий 186

проекта 70

прослойки из геосинтетического
материала 62

слоя конструктивного 49

суглинка 185

супеси 185

цементобетона монолитного 185

Параметры проекта

общие 71

района проектирования 72

расчётной нагрузки 75

увлажнённости грунта 78

Переименование

варианта конструкции дорожной
одежды 154

группы материалов 168

Перемещение

варианта конструкции дорожной
одежды 154

группы материалов 169

материала в библиотеке 170

прослойки из геосинтетического
материала 63

слоя конструктивного 55

Песок 184

Печать чертежа 197

Плита бетонная для сборных
покрытий 186

Понятие

грунт земляного полотна 34

материал геосинтетический 34

прослойка из геосинтетического
материала 34

слой конструктивный 34

Проект

открытие 40

редактирование параметров 70

создание из альбома типовых
решений 40

создание пустого 40

сохранение 42

Прослойка из геосинтетического
материала 34, 60

Р

Расчёт жёстких дорожных одежд

визуальный анализ 114

на морозоустойчивость 148

на сдвигоустойчивость
основания 144

на сопротивление при изгибе
цементобетонного основания и
монолитных слоёв покрытия 130

на сопротивление при изгибе
цементобетонного покрытия 121

определение характеристик сборных
покрытий из плит 138

Расчёт нежёстких дорожных одежд

визуальный анализ 66

дренирующего слоя 100

на морозоустойчивость 93

- на сдвигоустойчивость при динамической нагрузке 82
- на сдвигоустойчивость при статической нагрузке 90
- на сопротивление при изгибе 86
- на упругий прогиб 79
- Редактирование параметров
 - варианта 152
 - грунта земляного полотна 58
 - мастера создания конструкции 156
 - оптимизации 159
 - проекта 70
 - прослойки из геосинтетического материала 62
 - слоя конструктивного 49

С

- Сдвигоустойчивость
 - основания 144
 - при динамической нагрузке 82
 - при статической нагрузке 90
- Сетевой ключ HASP 26
- Система
 - демонстрационный режим 29
 - запуск 27
 - запуск в демонстрационном режиме 28
 - обновление версии 21
 - полнофункциональный режим 30
 - установка 14
- Системные требования 14
- Слой конструктивный
 - асфальтобетон 177
 - материал дополнительного слоя основания 182
 - материал монолитный 176
 - материал общий 173
 - материал слабосвязный 179
 - оформление 190
 - перемещение 55
 - плиты бетонные для сборных покрытий 186
 - понятие 34
 - редактирование параметров 49
 - создание 48

- удаление 56
- цементобетон монолитный 185
- Служба технической поддержки 31
- Создание
 - варианта конструкции дорожной одежды 153
 - группы материалов 168
 - нового материала 170
 - проекта из альбома типовых решений 40
 - проекта пустого 40
 - слоя конструктивного 48
- Сопротивление при изгибе
 - конструкции 86
 - цементобетонного основания и асфальтобетонного покрытия 130
 - цементобетонного покрытия 121
- Сохранение
 - материалов в библиотеке 171
 - проекта 42
- Срок службы расчётный 74
- Статическая нагрузка
 - на ось 76, 82
 - от колеса на поверхность 76, 122, 126, 129, 130, 134, 136, 139, 140, 141, 142, 144, 146
- Суглинок 185
- Супесь 185
- Схема
 - расчёта монтажных цементобетонных покрытий 152
 - увлажнения 73

У

- Удаление
 - варианта конструкции дорожной одежды 154
 - группы материалов 169
 - материала 170
 - прослойки из геосинтетического материала 64
 - слоя конструктивного 56

Установка системы 14

Ф

Файл лицензий 23

Формирование

отчёта 198

чертежа 188

Ц

Цементобетон монолитный 185

Ч

Чертёж

печать 197

формирование 188

экспорт 193

Число приложений расчётной
нагрузки 76

Э

Экспорт

отчёта 199

чертежа 193

Литература

1. ОДН 218.046–01. Проектирование нежестких дорожных одежд. – Взамен ВСН 46–83; введ. 2001–01–01/Минтранс России. – М. : Информавтор, 2001. – 145 с.
2. МОДН 2–2001. Проектирование нежестких дорожных одежд. – Взамен ВСН 46–83; введ. 2001–04–15. – М., 2001.
3. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд. – Взамен ВСН 197–91, введ. 2003–12–03/Минтранс России. – М. : Информавтор, 2004. – 134 с.
4. ОДН 218.3.039–2003. Укрепление обочин автомобильных дорог. – Взамен ВСН 39–79, введ. 2003–05–23/Минтранс России. – М., 2003. – 44 с.
5. ОДМД. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. – Взамен ВСН 49–86; введ. 2003–08–01. – М., 2003.
6. ВСН 46–83. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. – М., 1985.
7. ОДН 218.1.052–2002. Оценка прочности нежестких дорожных одежд. – Взамен ВСН 52–89; введ. 2002–11–19/Минтранс России. – М., 2002. – 81 с.
8. Типовые строительные конструкции, изделия и узлы 3.503–71/88. Дорожные одежды автомобильных дорог общего пользования: Материалы для проектирования. – Введ. 1989–03–01. – М., 1988.
9. СНиП 2.05.02–85. Автомобильные дороги. – Взамен СНиП II–Д.5–72 и СН 449–72 (в части норм проектирования земляного полотна автомобильных дорог); введ. 1987–01–01/Госстрой России. – М. : ГУП ЦПП, 2001. – 55 с.
10. ГОСТ 9128–97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – Взамен ГОСТ 9128–84; введ. 1999–01–01. – М., 1998.
11. Скворцов А. В., Рукавишникова Е. Е., Кривых И. В. Система подготовки чертежей IndorDraw: Руководство пользователя. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009. – 256 с.

Учебное издание

Перова Ксения Александровна
Скворцов Алексей Владимирович
Рукавишникова Елена Евгеньевна

СИСТЕМА РАСЧЁТА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД
INDORPAVEMENT

Руководство пользователя

Редактор *Е. В. Лукина*
Вёрстка *Е. Е. Рукавишникова*

Лицензия ИД № 04617 от 24.04.2001.
Подписано в печать 14.12.2009. Формат 60×84 $\frac{1}{16}$.
Бумага офсетная № 1. Печать офсетная.
Печ. л. 13,6; усл. печ. л. 12,6; уч.-изд. л. 12,3. Тираж 500 экз. Заказ № 21.

ОАО «Издательство ТГУ», 634029, г. Томск, ул. Никитина, 4.
ООО «Типография «Иван Фёдоров», 634003, г. Томск, Октябрьский взвоз, 1.

География внедрений программных продуктов компании «ИндорСофт»



ООО «ИндорСофт. Инженерные сети и дороги»
634003, г. Томск, пер. Школьный, д. 6
Тел./факс: (3822) 651-386
e-mail: support@indorsoft.ru
web-site: www.indorsoft.ru