

## ПРОЕКТ ВОДООТВОДА

Проектирование поверхностного водоотвода – новый функционал, включенный в общий процесс проектирования автомобильных дорог.

Элементы водоотвода - продольные лотки вдоль кромки покрытия и поперечные водосбросные лотки трапецевидной формы – создаются на основе проектных решений по дороге.

Работа с элементами водоотвода производится в окне плана, а также в специальных панелях профилей лотков, что позволяет реализовать режим одновременного создания и редактирования как планового, так и высотного положения объектов.

Предлагаемый функционал обладает рядом ключевых преимуществ, которые обеспечивают быстроту и наглядность процесса проектирования водоотвода в автоматизированном или интерактивном режимах:

- Автоматическое определение местоположения лотков с учетом заданных пользователем критериев;
- интерактивное редактирование всех элементов водоотвода на плане и в профиле;
- гибкая настройка конфигурации составных частей водосбросов;
- создание детальных 3D-элементов в составе цифровой информационной модели проекта водоотвода;

Для создания элементов поверхностного водоотвода с дороги реализован новый тип проекта **Водоотвод**.

### Исходные данные для водоотвода

При создании объектов поверхностного водоотвода исходные данные для работы импортируются в проект **Водоотвод** из параметрической модели Трассы АД, запроектированной и сохраненной в проекте **Дорога**.

**Примечание** Если ваша дорога создана в проекте **План генеральный**, то ее можно легко сохранить в проект **Дорога**, используя команду **Дорога/ Редактировать Трассу АД/ Копировать** с настройкой **Сохранить в новый проект Дорога = Да**.

На основе данных проектного профиля и поперечников в проекте **Водоотвод** создается ось **Проектируемой дороги** с набором характерных линий (границ полос), повторяющих геометрию конструктивных полос и линий откоса, запроектированных в Трассе АД (Рисунок 1).

Создание и сохранение копии модели Трассы АД в виде набора характерных линий позволяет организовать параллельную работу нескольких специалистов, с возможностью внесения изменений в параметры дороги и одновременным проектированием водоотвода.

Помимо границ конструктивных полос, в качестве исходных данных для водоотвода создаются характерные линии водоотвода (в списке слоев проекта – *Основные*

элементы поперечника), положение которых настраивается в отдельном диалоге *Соответствие элементов поперечника* (Рисунок 3) при создании водоотвода.

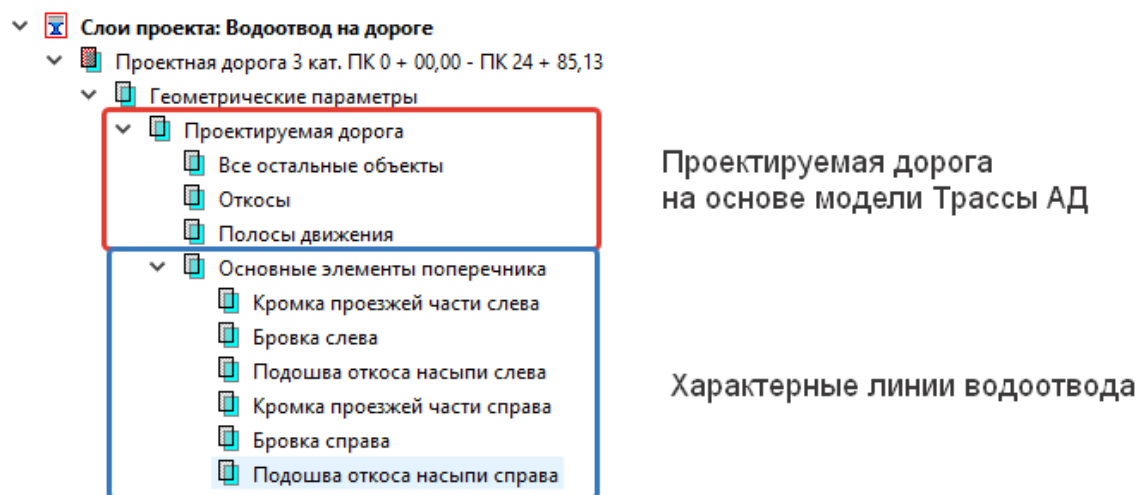


Рисунок 1. Исходные данные модели Трассы АД в проекте Водоотвод

В проекте **Водоотвод** предусмотрена актуализация исходных данных при повторном импорте с учетом изменений в параметрической модели Трассы АД.

#### Настройка создания характерных линий водоотвода

Характерные линии водоотвода используются для привязки элементов водоотвода в плане и профиле (Рисунок 2).

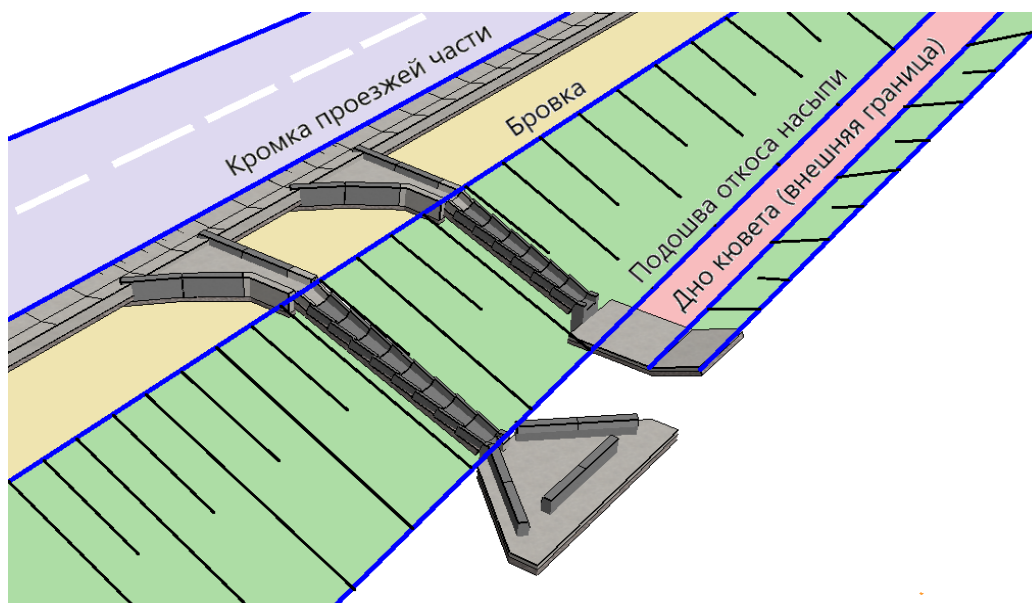
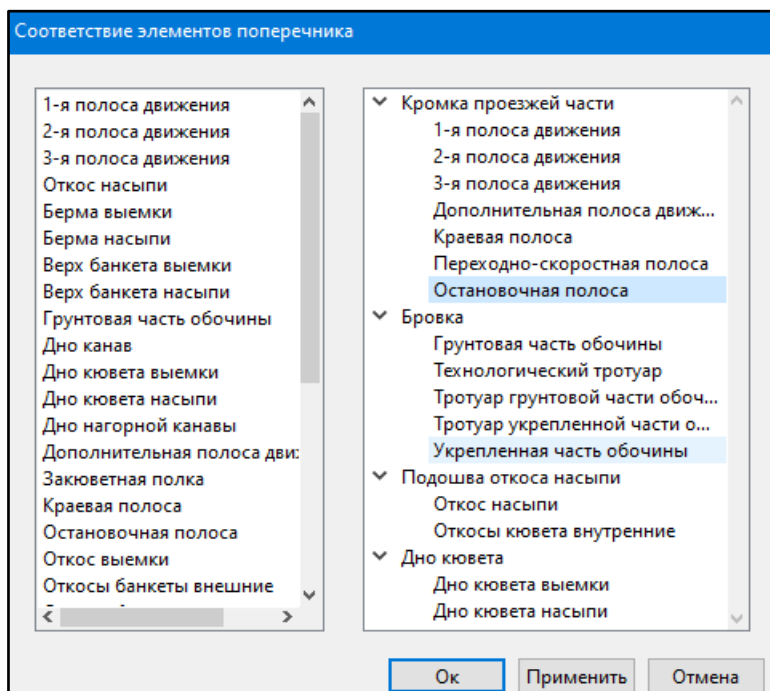


Рисунок 2. Характерные линии водоотвода

**Кромка проезжей части** необходима для определения планового и высотного положения продольного лотка, а также точки начала поперечного водосброса; **остальные линии** служат для определения планового положения и продольного сечения водосброса.

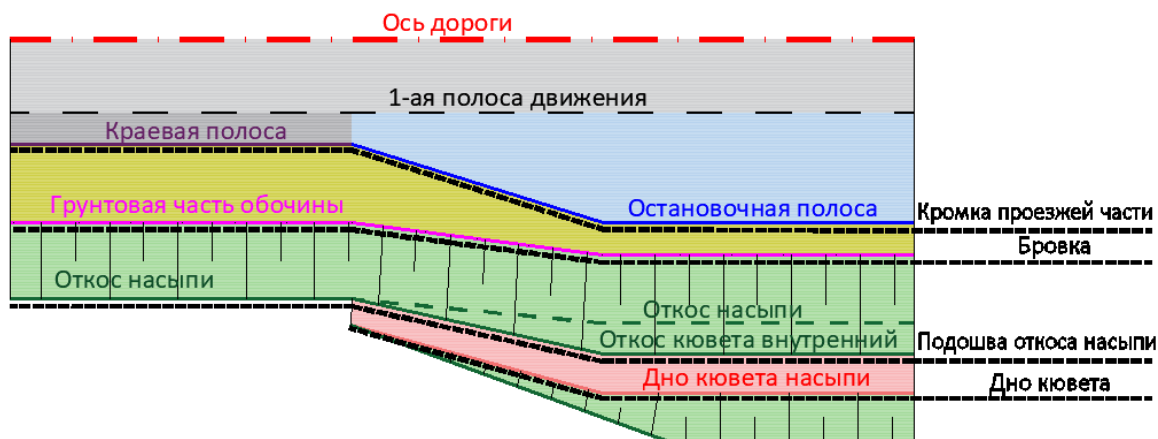
В диалоге *Соответствие элементов поперечника* (команда **Создать водоотвод**) (Рисунок 3) в левой части сгруппированы все возможные элементы проектного поперечника, в правой – группы с выбранными элементами, определяющие характерные линии для водоотвода.

Состав групп и их имена **не** редактируются, но состав элементов в группах можно интерактивно менять в команде создания водоотвода - удалять, добавлять, перетягивать элементы из одной группы в другую.



*Рисунок 3. Настройка соответствие элементов поперечника и характерных линий водоотвода*

Каждая из характерных линий водоотвода создается, огибая самый крайний элемент поперечника из перечисленных в одноименной группе. Так, на рисунке 4 проиллюстрировано положение характерных линий водоотвода на плане в соответствии с показанной выше настройкой в диалоге соответствия.



*Рисунок 4. Расположение характерных линий водоотвода*

Редактируя настройки диалога, следует сохранять ее корректность для привязки элементов водоотвода. Например, если не выбраны элементы для кромки, то продольные лотки создаются по оси дороги; если не выбраны элементы для определения бровки или подошвы откоса, то водосбросы не создаются.

**Примечание** Настройка соответствия сохраняется за проектом водоотвода и применяется при создании или актуализации геометрии продольных лотков и водосбросов.

## Библиотека элементов водоотвода

Конструктивные элементы поверхностного водоотвода содержатся в специальной библиотеке и поставляются вместе с программой. Редактирование и создание новых элементов выполняется в приложении Редактор Классификатора:

- *Продольные лотки* создаются и настраиваются на вкладке **Стили объектов**.
- *Элементы водосброса* создаются на вкладке **Водосбросы**.

Каждый водосброс состоит из трех составных частей:

- Входная часть
- Центральная часть
- Гаситель

Для формирования и хранения типовых конструкций водосбросов применяется специальный *Шаблон конструкции водосброса* (Рисунок 5).

Шаблон описывает всю конструкцию водосброса и включает в себя параметры входной части, центральной части, гасителя. Для гасителя настраивается два набора свойств: без кювета и в кювете.

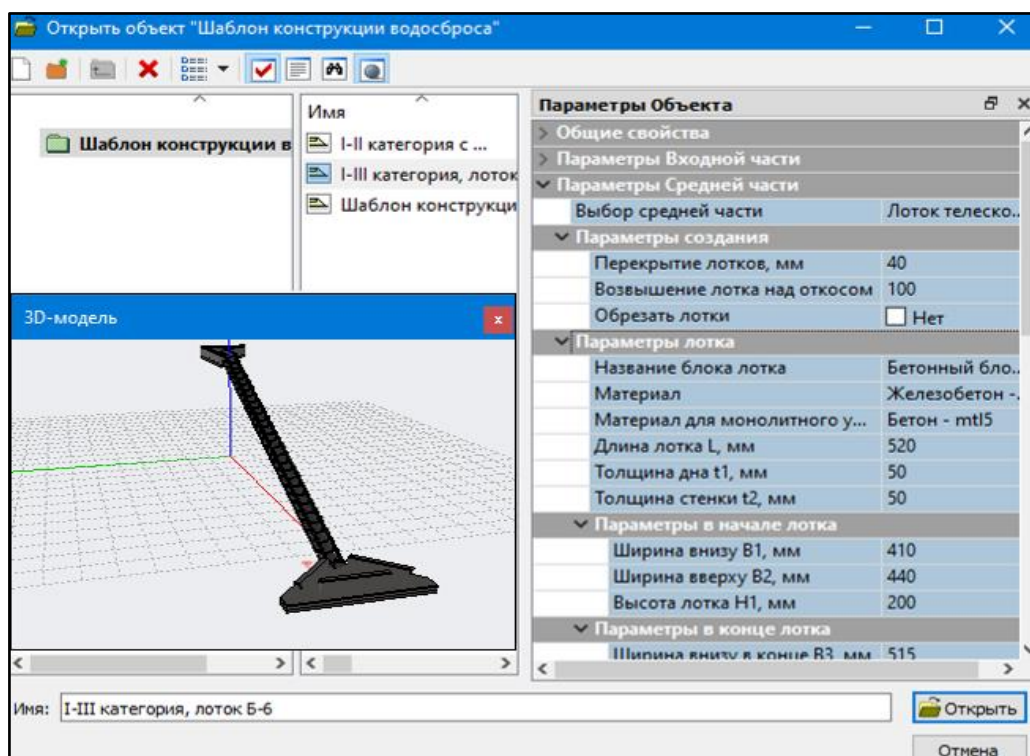


Рисунок 5. Выбор шаблона конструкции водосброса

В шаблоне можно выбрать предварительно созданные описания типовых элементов для каждой части водосброса и при необходимости переопределить значение любого параметра. Например, если выбрать отдельный элемент *Входная часть* с блоками Б-5, то можно в *Шаблоне водосброса* заменить блоки на бортовые камни, а в исходном элементе *Входная часть* останутся блоки Б-5.

Таким образом, данные из библиотеки, описывающие составные части водосброса, используются в качестве заполнения параметров по умолчанию, без создания связи с элементами библиотеки.

Элемент **Входная часть** описывает верхнюю часть водосброса (она располагается на обочине дороги) и включает следующие элементы:

- площадной объект – выбор послойной конструкции (например, бетон и подготовка из щебня или гравия), материала для монолитного участка, назначение геометрических параметров (предусмотрено построение участков с постоянной и переменной шириной);
- блоки лотка, которые располагаются вдоль дороги и "врезаются" в продольный лоток, – выбор стиля и модели объекта, слоев подготовки под блоки, смещение по вертикали;
- блоки, которые располагаются поперек дороги, вдоль оси водосброса и по краям площадного объекта, – выбор стиля и модели объекта, слоев подготовки под блоки, смещение по вертикали.

Элемент **Входная часть** содержит универсальное описание конструкции, что позволяет автоматически определять и создавать в модели конструкцию конкретного водосброса в зависимости от типа уклона (односторонний или двухсторонний) и направления одностороннего уклона.

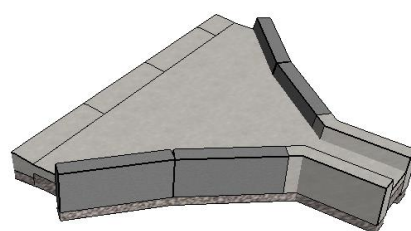


Рисунок 6. Входная часть водосброса

Элемент **Центральная часть** (Рисунок 7) описывает часть водосброса, которая располагается на откосе насыпи, и включает следующие элементы:

- ✓ трапециевидный лоток – геометрические параметры лотка, значение перекрытия лотков и возвышения лотка над откосом вдоль оси водосброса, материал лотков и монолитных участков, параметры подготовки под лотки;
- ✓ блок упора внизу откоса – наименование, геометрические параметры, материал, слои подготовки под блок.



Рисунок 7. Центральная (откосная) часть водосброса

Элемент **Гаситель** описывает нижнюю часть водосброса, представлен двумя типами (без кювета и в кювете) и включает следующие элементы:

Гаситель без кювета (Рисунок 8):

- площадной объект трапециевидной формы – геометрические параметры, уклон, слои конструкции;
- блоки по бокам и в торце – выбор стиля и модели объекта, отступы блоков слева и справа, длина поперечного блока, смещение по вертикали, материал монолитных участков, слои основания;

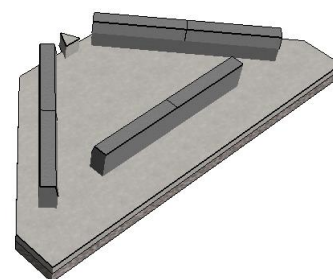


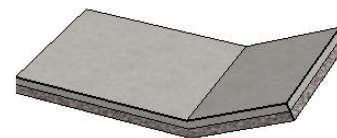
Рисунок 8. Гасители водосброса откоса без кювета



- растекатель – геометрические параметры, материал.

Гаситель в кювете (Рисунок 9):

- площадной объект прямоугольной формы – ширина, кратность размеров для описания укреплений из сборных плит, размер укрепление на внешнем откосе кювета, возвышение упора над дном кювета.



*Рисунок 9. Гасители водосброса в кювете*

В библиотеке элементов, поставляемой с программой, добавлены бетонные блоки Б-1, Б-2, Б-5 по ТП 3.503.1-66 «Изделия сборные железобетонные водоотводных сооружений на автомобильных дорогах» и бортовые камни по ГОСТ 6665-91 для использования в качестве продольных лотков, а **Шаблоны конструкции водосброса** созданы по типовым конструкциям, схемы которых представлены в ТП 503-09-7.84 «Водоотводные сооружения на автомобильных дорогах общей сети Союза ССР».

## Этапы проектирования водоотвода

В проектировании водоотвода можно выделить несколько этапов:

1. Автоматическое создание водоотвода.  
Первичное создание объектов водоотвода на основании данных о конструктивных элементах дороги;
2. При необходимости интерактивное редактирование продольных лотков, например, изменение длины, объединение, разделение и удаление;
3. При необходимости корректировка водосбросов:
  - а. Редактирование параметров и положения отдельных созданных водосбросов.
  - б. Интерактивное добавление отдельных водосбросов;
4. Создание привязочной ведомости лотков и водосбросов.
5. Создание цифровой информационной модели дороги с элементами водоотвода.
6. Создание ведомости объектов водоотвода с указанием материала и объема по каждому элементу в составе водосброса непосредственно по данным ЦИМ.
7. Создание чертежей плана с элементами непосредственно по данным ЦИМ.

Остановимся подробнее на отдельных этапах проектирования водоотвода.

## Создание Водоотвода

Начинать работу с водоотводом следует в проекте **Дорога**, с команды **Создать водоотвод** (меню **Дорога**), т. к. именно по данным этого проекта формируется модель дороги, а уже по ней производится расчет водоотвода.

Для выбора необходимого продольного лотка сразу открывается библиотека стилей (Рисунок 10).

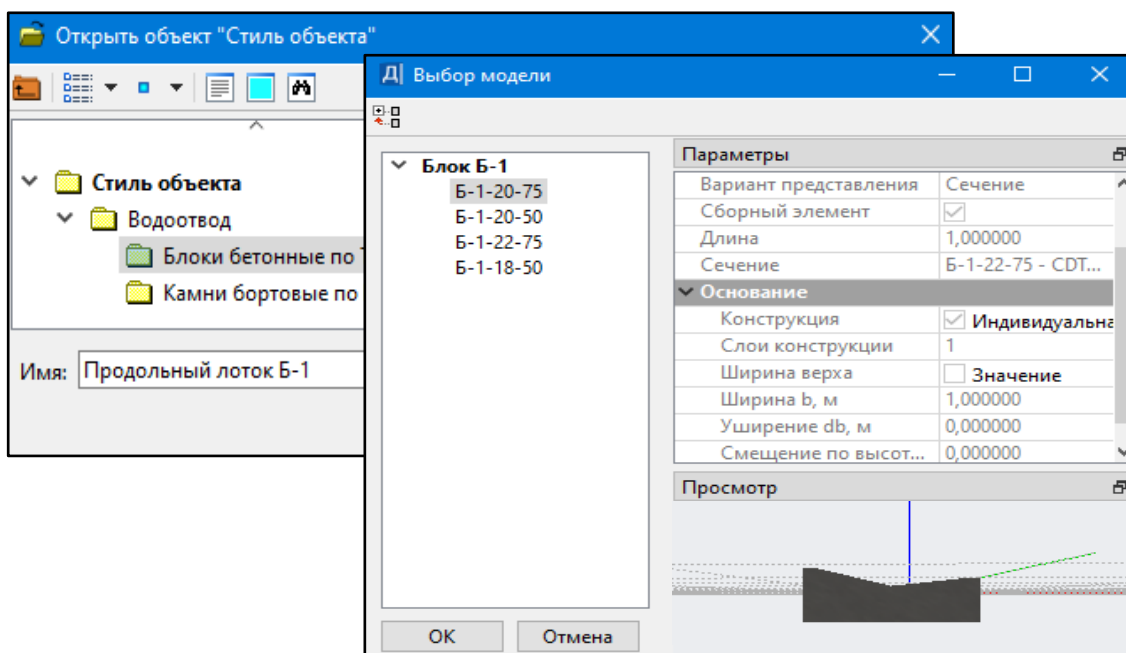


Рисунок 10. Выбор модели для блока продольного лотка

За одним стилем может храниться множество моделей, например, для объекта **Блок Б-1** созданы модели разных размеров. Первая модель в списке применяется по умолчанию. Выбрать другую модель можно в диалоге Выбор модели через параметр построения **Модель объекта** (Рисунок 10).

В параметрах модели также содержатся настройки для конструкции основания под лоток – можно изменить количество слоев, материал и толщину каждого из них для **индивидуальной** конструкции или выбрать **типовую** конструкцию из числа созданных ранее.

После выбора трассы АД (по всей длине или на указанном участке) открываются дополнительные параметры расчета положения продольных лотков и водосбросов.

Параметры разделены на несколько групп, которые отличаются своим наполнением в зависимости от настройки **общих** параметров, где можно уточнить соответствие элементов поперечника характерным линиям для водоотвода и задать способ создания продольных лотков и сбросов.

### Настройка создания продольных лотков

Продольные лотки могут создаваться на указанном интервале или по всей длине дороги двумя способами:

- в результате расчета согласно заданным условиям (настройка **Рассчитать**);
- принудительно на выбранном участке (настройка **Создавать**).

Для обоих вариантов учитывается указанная сторона от оси: слева, справа или с обеих сторон, а также настройки для привязки продольного лотка по высоте к кромке покрытия и к обочине.

Длина лотка может корректироваться в зависимости от параметров: если выбран **Сборный элемент**, то длина лотка будет кратна заданной длине элемента, например, **1 м** (Рисунок 10).

В группе параметров **Учет лотка в поперечнике Трассы АД** можно задать вертикальное смещение профиля лотка по отношению к кромке покрытия и смещение следующей полосы в поперечнике дороги относительно крайней верхней точки сечения лотка (Рисунок 11, **dH** задано с "-").

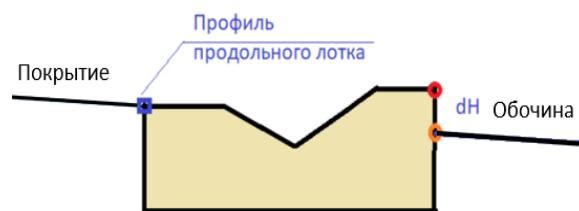


Рисунок 11. Привязка продольного лотка к элементам поперечника

### Параметры расчета продольных лотков

Если выбрано **Продольные лотки = Рассчитать**, то задаются условия устройства продольных лотков:

- **высота насыпи** – участки, на которых высота насыпи (превышение между характерными линиями Бровка и Подошва насыпи) более заданной;
- **продольный уклон** – участки с уклоном по оси более заданного;
- **радиус вогнутой кривой** – участки в пределах вогнутой кривой продольного профиля заданного радиуса,

а также уточняются настройки для объединения отдельных участков лотка и удаления коротких участков.

В расчете продольных лотков можно учесть участки виражей – продольные лотки будут создаваться только с той стороны, к которой стекает вода.

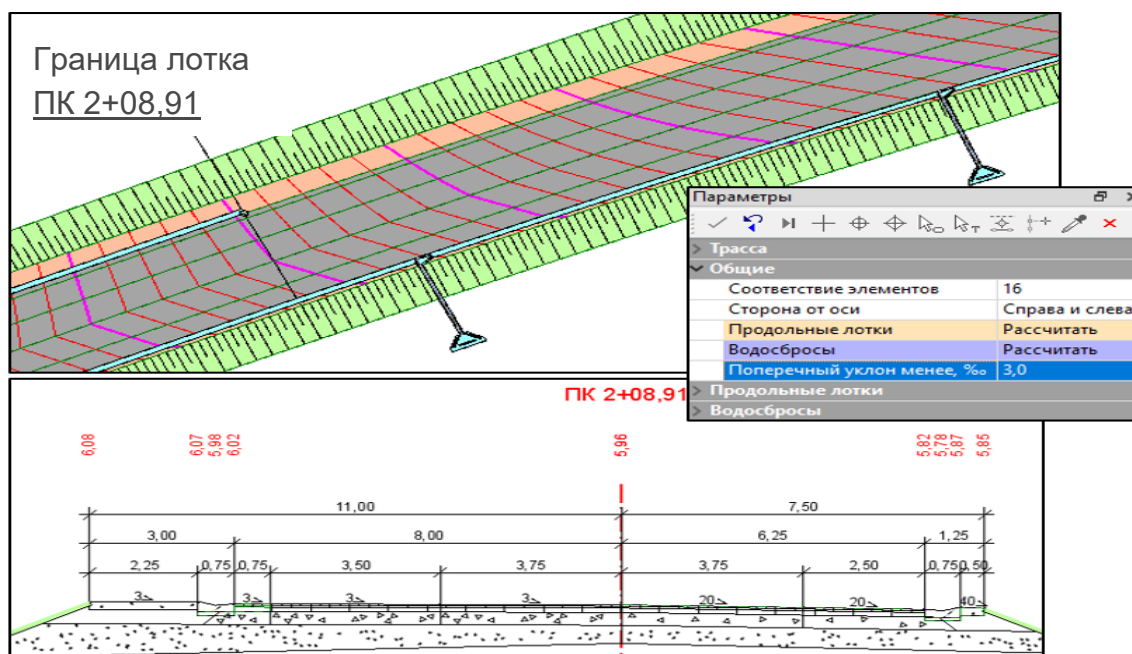


Рисунок 12. Определение границ на участках виражей

Поперечный уклон по границам таких участков на **внешней** стороне закругления определяется через параметр **Поперечный уклон менее, ‰**.

Для иллюстрации работы алгоритма показан поперечник на границе устройства продольного лотка: уклон дорожного полотна на внешней стороне закругления равен



уклону, заданному в параметрах создания водоотвода **+3 %** (Рисунок 12). Начиная с этого пикета продольный лоток создается только с внутренней стороны закругления, а водосбросы устраиваются с шагом, указанным для участков виражей.

Если для поперечного уклона выбрана настройка **Не определено**, то считается, что виражей нет – продольные лотки не исключаются, поперечные водосбросы рассчитываются как для участков без виражей.

### Настройка расчета водосбросов

Водосбросы создаются только на участках устройства продольных лотков, с учетом заданных расстояний между ними в зависимости от продольных уклонов по оси и наличия виражей.

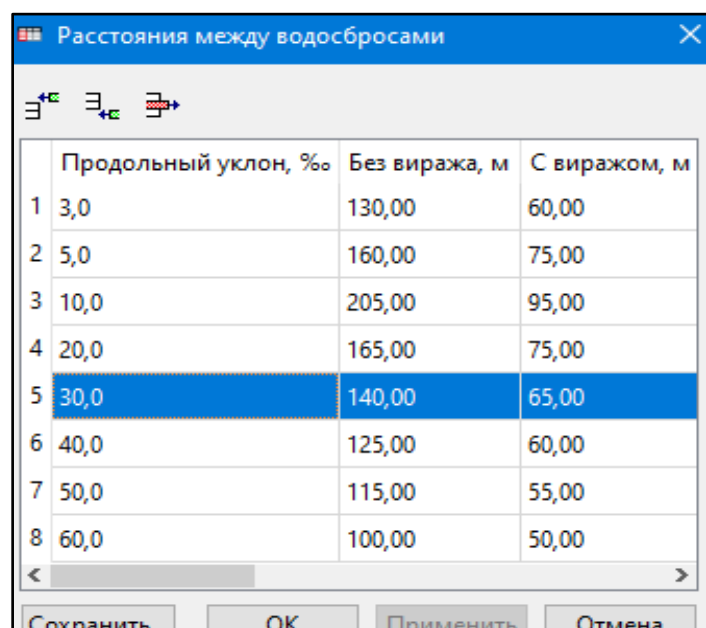
Водосбросы можно рассчитать одновременно с продольными лотками (**Продольные лотки = Рассчитать, Создать**) или отдельно (**Продольные лотки = Не создавать**), например, после добавления продольных лотков на отдельных участках без расчета.

Для расчета положения водосбросов в параметры расчета добавлена таблица с расстояниями между сбросами в зависимости от продольных уклонов на участках без виража и с виражом. Таблица заполняется из нормативных параметров дороги в зависимости от категории дороги и ливневого района либо вручную (Рисунок 13).

Участки расстановки сбросов определяются с учетом параметра

**Минимальный продольный уклон, %.**

Например, на участке вогнутой кривой радиусом 10 000 м первый водосброс от вершины будет создан на расстоянии 30 м, если значение параметра равно **3 %**. Если же продольный уклон на всем участке спуска или подъема меньше заданного минимального уклона, то водосбросы на таком участке созданы не будут.



	Продольный уклон, %	Без виража, м	С виражом, м
1	3,0	130,00	60,00
2	5,0	160,00	75,00
3	10,0	205,00	95,00
4	20,0	165,00	75,00
5	30,0	140,00	65,00
6	40,0	125,00	60,00
7	50,0	115,00	55,00
8	60,0	100,00	50,00

Рисунок 13. Расстояния между водосбросами

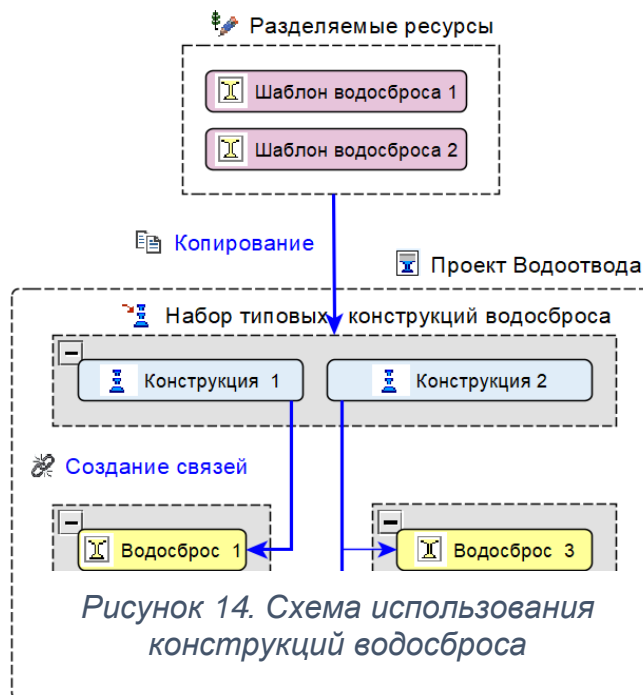
## Работа с шаблонами конструкций водосбросов

При первом создании водоотвода в проекте **Дорога** в команде **Создать водоотвод** предлагается выбрать **Шаблон конструкции водосброса** из доступных в библиотеке. В дальнейшем выбранный Шаблон конструкции копируется в проект **Водоотвод** и используется автономно как **типовая конструкция** для каждого водосброса в модели плана (Рисунок 14).

В процессе работы в проекте **Водоотвод**, можно дополнить список типовых конструкций непосредственно в редакторе конструкций (меню **Водоотвод – Конструкции водосбросов**) либо в командах создания или редактирования параметров водосбросов.

Команда создания водоотвода продублирована в проекте **Водоотвод**.

При ее выборе следует запрос об актуализации данных по дороге и в результате, если запрос подтвержден, обновляются как параметры проектируемой дороги, так и элементы водоотвода, запроектированные ранее.



## Редактирование продольных лотков

В команду **Параметры и удаление продольных лотков** включены стандартные методы работы с линейными объектами: после выбора лотка в параметрах можно выбрать изменить стиль и модель объекта, скорректировать послынную конструкцию основания под лоток; разделить лоток в указанной точке; объединить его со смежным лотком, в т. ч. достраивая лоток в разрыве между выбранными лотками (построение выполняется вдоль кромки покрытия); изменить длину лотка – переместить начало или конец лотка вдоль кромки; удалить лоток.

## Работа с водосбросами

Для работы с водосбросами и создания адресной ведомости по всем элементам водоотвода используются методы команды **Создание и редактирование водосбросов**. О них скажем подробнее.

### Интерактивное создание и редактирование водосбросов

В методе **Создать водосброс** выбирается продольный лоток (при движении курсора лоток подсвечивается, если есть проекция курсора на лоток), после чего фиксируется точка привязки нового сброса к лотку. Сторона от оси дороги определяется автоматически.

В методе **Пересоздать водосброс** происходит пересоздание выбранного водосброса (или группы водосбросов) по параметрам типовой конструкции (шаблона). Например, если после интерактивного редактирования требуется вернуть исходные параметры конструкции.

В методе **Редактирование водосброса** предусмотрено:

- редактирование отдельных параметров одного или группы водосбросов в окне **Параметры**;
- интерактивное редактирование водосброса в двух окнах, плана и поперечного сечения дороги.

Водосбросы выбираются универсальным курсором (рамкой прямоугольной или произвольной формы) или курсором в режиме захвата линии – продольной оси водосброса.

### Редактирование водосбросов в плане

После выбора одного или группы водосбросов их можно перемещать вдоль продольного лотка. Для этого используется характерная точка привязки сброса к продольному лотку (Рисунок 15), которую можно выбрать в режиме захвата точек.

Для возможности поворота и изменения длины лотка по откосу используется точка привязки гасителя в плане (Рисунок 16).

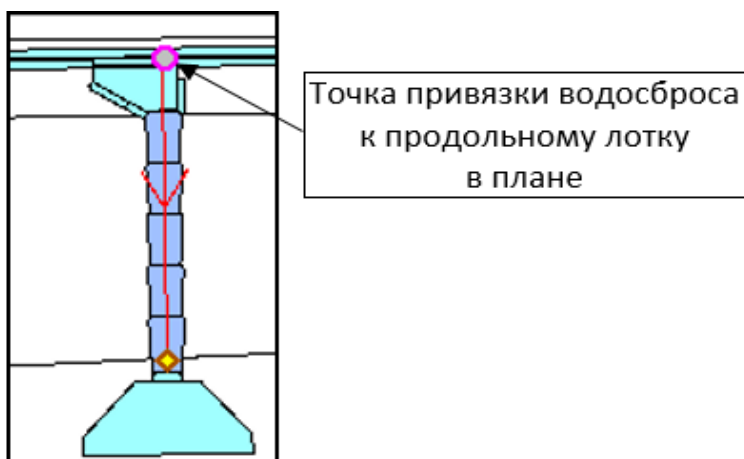


Рисунок 15. Выбор точки для перемещения всего водосброса

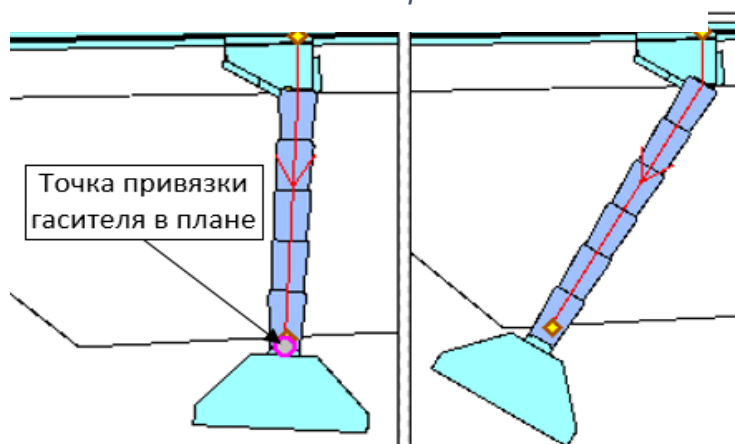


Рисунок 16. Перемещение за точку привязки гасителя в плане

### Редактирование профилей водосбросов

В работе с водосбросами дополнительно используется панель **Поперечное сечение дороги** для отображения разреза по продольной оси выбранного водосброса и интерактивного редактирования геометрии профиля.

Для выбора одной из характерных точек на сечении кликните ЛКМ в окне панели и используйте курсор в режиме захвата точек.

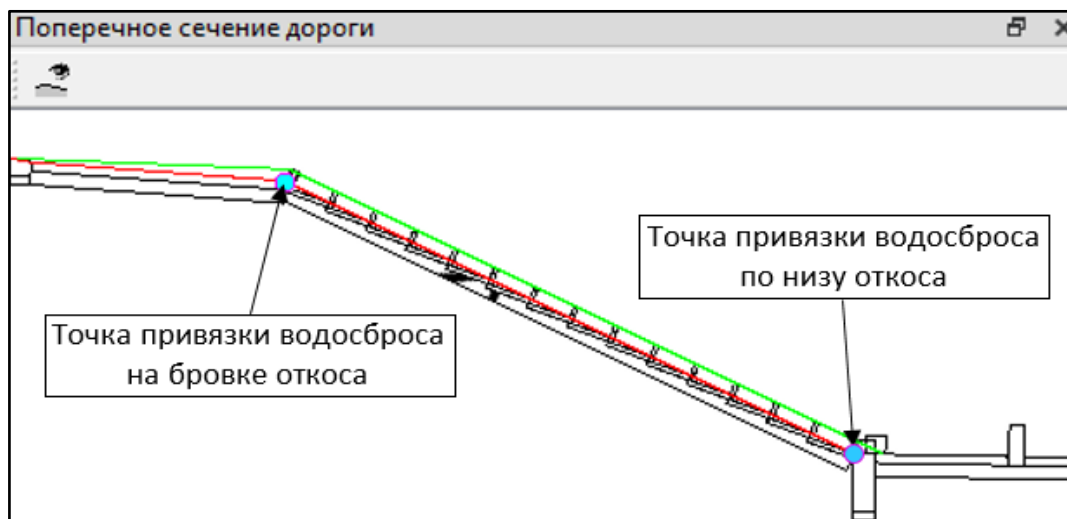


Рисунок 17. Сечение водосброса. Точки привязки на бровке и по низу откоса

После перемещения точки привязки водосброса на бровке откоса (Рисунок 17) могут измениться характеристики (уклон, длина) входной части и лотка по откосу.

**Примечание** Не фиксируется новое положение точки, если уклон или длина лотка выйдут из допустимых диапазонов значений:

- отметка гасителя станет равной или выше отметки на бровке;
- удаление гасителя от оси станет меньше, чем удаление бровки от оси.

При устройстве гасителя в кювете предусмотрен выбор следующих точек привязки (Рисунок 18):

- точка начала дна кювета – при ее перемещении меняется положение лотка по откосу аналогично с перемещением точки по низу откоса (Рисунок 16);
- точка конца дна кювета – при ее перемещении меняется ширина и уклон кювета по дну, учитываются ограничение на минимальную длину, кратность длины по дну кювета, диапазон допустимых значений для уклона; обратный откос кювета сохраняет свое заложение;
- точка конца откоса кювета – при ее перемещении меняется длина и крутизна внешнего откоса кювета, учитывается диапазон допустимых значений для длины и заложения откоса.

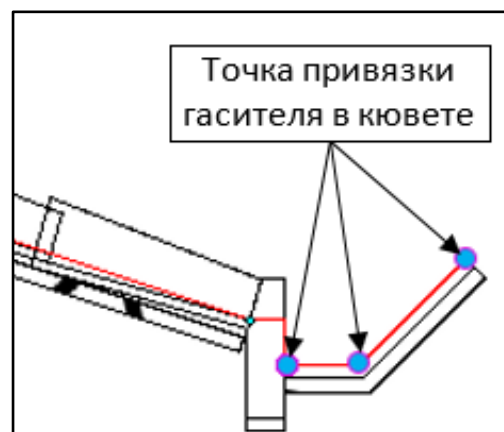


Рисунок 18. Точки привязки гасителя в кювете

## Адресная ведомость элементов водоотвода

Адресная ведомость по устройству водоотвода с проезжей частью по всем дорогам текущего проекта **Водоотвод** создается методом **Ведомость лотков и водосбросов**, включенным в команду **Создание и редактирование водосбросов**.

Продольные лотки					Участок дороги								
Местоположение		Сторона	Протяженность, м	Длина, м	ПК+	Водосбросы				Центральная часть		Гаситель	
ПК начала	ПК конца					Направление уклонов	Длина входной части, м	Отметка на кромке, м	Отметка начала монолитной части, м	Отметка на бровке откоса	Длина, м	Тип гасителя	Отметка м
ПК0 + 00	ПК0 + 50	Слева	50	50	ПК 0 + 00	Одностороннее слева	2,96	6,71	6,66	6,46	2,76	В кювете	4,92
ПК10 + 17	ПК16 + 78	Слева	661	659	ПК 10 + 85	Одностороннее справа	2,96	12,02	11,97	11,79	7,27	Не в кювете	8,54
					ПК 11 + 75	Одностороннее слева	2,96	12,02	11,97	11,77	6,32	Не в кювете	8,94
					ПК 13 + 05	Одностороннее слева	2,96	12,97	12,93	12,72	6,65	Не в кювете	9,75
					ПК 13 + 95	Одностороннее слева	2,96	13,95	13,90	13,70	7,64	Не в кювете	10,28
					ПК 14 + 70	Одностороннее слева	1,21	14,42	14,38	14,24	7,92	Не в кювете	10,70
					ПК 15 + 45	Одностороннее слева	1,21	14,75	14,70	14,57	7,78	Не в кювете	11,09
					ПК 16 + 05	Одностороннее слева	1,21	14,84	14,80	14,66	7,34	Не в кювете	11,38
ПК23 + 31	ПК24 + 85	Слева	154	154	ПК 24 + 00	Одностороннее справа	1,21	1,93	1,88	1,75	3,06	В кювете	0,08
					ПК 24 + 85	Одностороннее справа	1,21	-1,02	-1,06	-1,20	1,98	В кювете	-2,39
ПК0 + 00	ПК0 + 50	Справа	50	50	ПК 0 + 00	Одностороннее справа	1,21	6,74	6,70	6,56	2,99	В кювете	4,92

Рисунок 19. Пример адресной ведомости по лоткам и водосбросам

Ведомость можно открыть в Редакторе ведомостей с последующим редактированием данных и сохранением изменений или сразу сохранить в форматы HTML и \*.XLSX, \*.XLS (97-2003) (Рисунок 19).

## Учет продольных лотков в проекте Дорога

Продольные лотки со слоями основания из проекта **Водоотвод** учитываются в проектных поперечниках трассы АД (Рисунок 20) – они добавляются в конструкцию обочины и влияют на соответствующие значения ведомостей параметров дорожного полотна и устройства дорожной одежды.

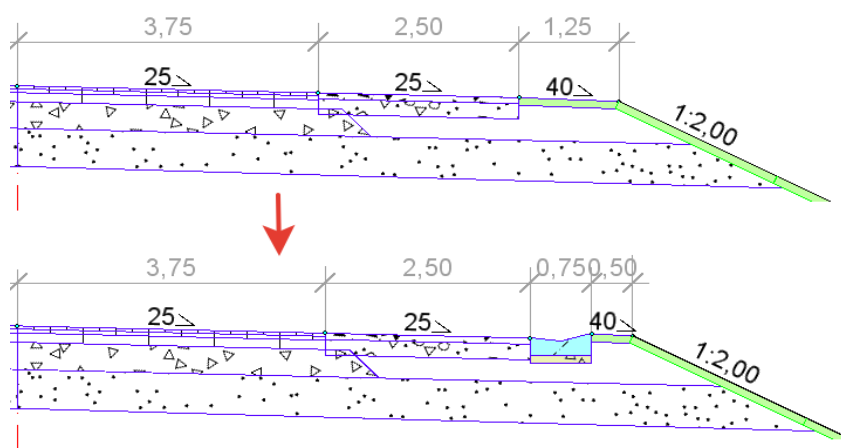
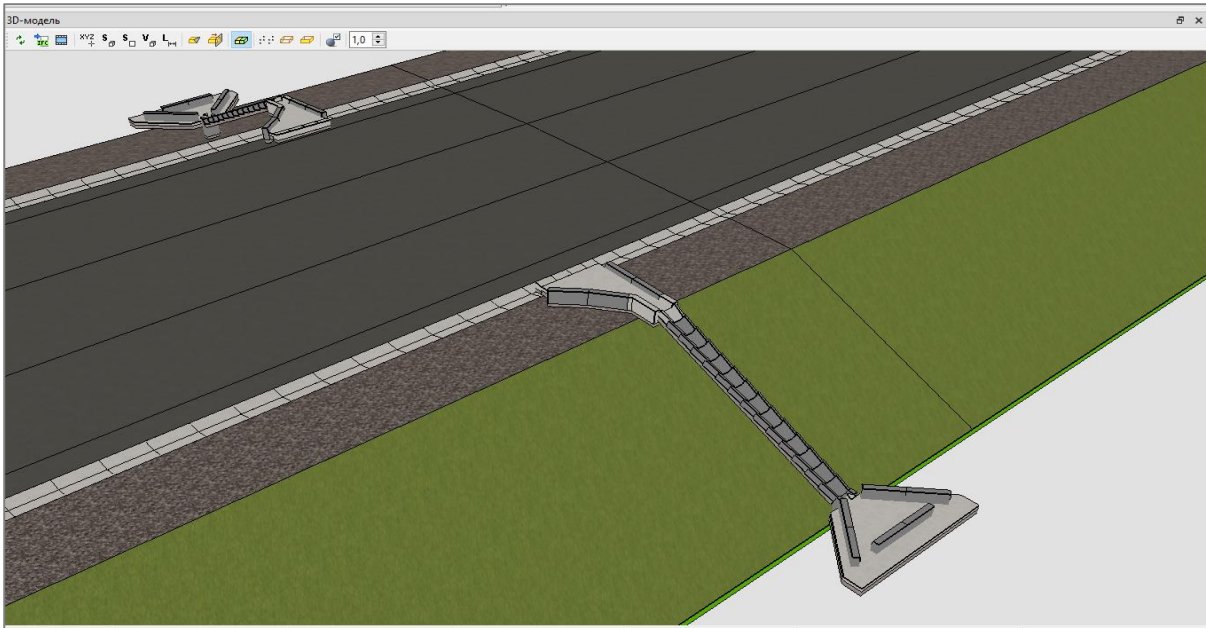


Рисунок 20. Отображение продольного лотка на поперечнике дороги



## 3D-модель водоотвода


Для включения объектов водоотвода в трехмерную модель проектируемой дороги добавлен параметр **Лотки и водосбросы** = *Создать* для команды **Создать информационную модель дороги** (команда доступна в проектах **Дорога, Водоотвод, План генеральный**) (Рисунок 21).



*Рисунок 21. Вид объектов водоотвода в 3D-модели*

Выбирая элементы водоотвода в трехмерной модели, можно просматривать информацию по объемам и материалам в окне параметров.

По созданной модели можно сформировать ведомость с объемами и материалами по каждому 3D-элементу продольных лотков и водосбросов, используя функциональность специализированной панели **Ведомости по объектам**.

Для использования по-умолчанию подготовлен шаблон ведомости, который можно открыть по кнопке  на локальной панели инструментов для панели **Ведомости по объектам**.

При необходимости данный шаблон можно откорректировать – изменить видимость и порядок столбцов, группировку данных в таблице, после чего сохранить для последующего использования.

Созданную 3D-модель можно экспортировать в формат IFC.