

Обзор программных продуктов для проектирования водопропускных труб

DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.13

Федотов Н.Г., инженер ООО «Индор-Мост» (г. Томск)

Кривых И.В., руководитель методического отдела ООО «ИндорСофт» (г. Томск)

Рассматривается роль компьютерных технологий, используемых для автоматизации процесса проектирования водопропускных труб, требования к ним, предъявляемые со стороны пользователей. Дается обзор представленных на российском рынке программных продуктов для автоматизации проектирования водопропускных труб, выделяются их сильные и слабые стороны.

Введение

В современном мире скорость и качество производства какого-либо экономического продукта играют ключевую роль в развитии экономики страны в целом и предприятия в частности. Совершенствование технологии производства является главной составляющей на пути повышения производительности и, как следствие, увеличения прибыли. Специфическим сектором производства является отрасль проектных работ, где сырьём является человеческий интеллект, а продукцией — качественный проект.

При проектировании автомобильных дорог часто возникает необходимость устройства искусственных сооружений, таких как мосты, путепроводы, водопропускные трубы. Любое искусственное сооружение является сложной конструкцией, требующей точности расчётов и работы с большими объёмами данных.

Основной задачей систем автоматизированного проектирования является повышение качества выпускаемой документации и производительности инженеров-проектировщиков. Эффективность применения автоматизированного проектирования значительно зависит от организации взаимодействия инженера с компьютерной программой. Непродуманность тех-

Таблица 1. Статистические сведения о трубах на дорогах Сибирского региона

Организация – балансодержатель	Протяжённость сети дорог, км	Количество труб, шт.	Количество километров, приходящихся на 1 трубу	Доля труб от общего числа всех искусственных сооружений, %
ФКУ Упрдор «Алтай»	1175	1168	1,0	90
ФКУ «Сибуправтодор»	2027	1802	1,1	95
ФКУ Упрдор «Енисей»	633	562	1,1	92
ФКУ Упрдор «Вилной»	1293	1118	1,2	96
ФКУ Упрдор «Лена»	1157	935	1,2	85
ФКУ «Байкалуправтодор»	1151	786	1,5	88

нологии организации работы может вместо положительного результата привести к отрицательному и свести на нет все преимущества автоматизированных систем.

К водопроточной трубе, как и к любому другому элементу автомобильной дороги, предъявляются требования по обеспечению надёжности, долговечности и бесперебойности эксплуатации, а также безопасности движения транспортных средств [1]. Обеспечение вышеперечисленных требований в большей мере закладывается на стадии проектирования при соблюдении необходимой технологии строительства. Отсюда очевидна большая ответственность инженера при принятии проектных решений.

По данным статистики трубы являются наиболее распространённым искусственным сооружением, встречающимся в среднем через каждые 1–1,5 км дороги (таблица 1) [2]. Согласно транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года должно быть введено в эксплуатацию более 80 тыс. км новых дорог, что увеличит суммарную протяжённость автомобильных дорог общего пользования до 1350 тыс. км [3]. Несложно посчитать, сколько существующих труб уже лежит в насыпях и сколько ещё предстоит построить.

Требования к программам для проектирования водопроточных сооружений

Согласно действующим нормам основные технические решения, принимаемые в проектах новых и реконструируемых труб, следует обосновывать путём сравнения технико-экономических показателей конкурентоспособных вариантов [1].

Процесс проектирования водопроточных труб включает в себя следующие виды работ:

- расчёт максимальных расходов ливневого и снегового стоков;
- гидравлический расчёт отверстий труб с определением величины подпора перед трубой и скорости воды в сжатом сечении трубы;
- определение минимальной высоты насыпи у трубы;
- определение длины трубы и её конструирование;
- расчёт и проектирование укрепления отводящего русла и откосов насыпи;
- определение объёмов и стоимости работ.

Выполнив указанные выше расчёты для различных отверстий труб, можно путём сравнения их по стоимости строительства или по суммарным приведённым затратам, учитывающим как стоимость строительства, так и эксплуатационные расходы и ущерб от затопления земельных угодий, выбрать наиболее выгодный вариант [4]. В условиях городского проектирования важная роль также уделяется эстетическому виду сооружения.

Использование специализированных программных комплексов позволяет облегчить этап технико-экономического обоснования. Что может быть проще? По имеющимся исходным данным нужно задать несколько вариантов труб различных размеров и компоновок, и программа сама подсчитает объёмы работ и стоимость сооружения. От проектировщика лишь требуется верно ввести исходную информацию и распечатать готовый отчёт. Времени это занимает немного, а результат — возможность выбора наиболее эффективной конструкции по нескольким параметрам. Экономия

времени по сравнению с традиционной проработкой каждого варианта колоссальная. Так должно быть в идеале. На практике же зачастую сам этап сравнения вариантов отсутствует. И вовсе не из-за лени проектировщиков, а из-за трудоёмкости работ по разработке вариантов различных конструкций в ручном режиме.

Бурное развитие компьютерных технологий позволяет решить эту проблему, и можно представить, какой могла бы быть компьютерная программа, позволяющая формировать различные конструкции по заданным исходным данным и выбрать наиболее оптимальную. Попробуем сформулировать требования к такой программе.

ГИБКОСТЬ И МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ

Гибкость программы к запросам пользователей определяет её востребованность на рынке. Если новое проектирование можно свести к типовому набору звеньев и оголовков, то при реконструкции и капитальных ремонтах встречаются разнообразные индивидуальные решения. Поэтому в программе должен быть набор инструментов, позволяющий конструировать трубы любой сложности: от простых круглых до сложных комбинированных (рис. 1). Под многофункциональностью подразумевается наличие в программном продукте встроенных прикладных программ, необходимых для выполнения дополнительных расчётов. Выполнение узкоспециализированных расчётов в рамках проектирования всегда было головной болью специалистов-дорожников. Например задача расчёта подпора воды перед трубой или проверки прочности нетипового звена при отсутствии нужных специалистов ставит в тупик.



Рис. 1. Труба комбинированного сечения

ВАРИАНТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Современная программа для проектирования искусственных сооружений должна предоставлять возможность разработки сразу нескольких конструкций в рамках одного проекта, чтобы наглядно сравнивать различные конструктивные решения и выбирать наиболее перспективный вариант.

СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ КОНСТРУКЦИИ ПО ОБЪЁМАМ РАБОТ И СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Программа должна быть незаменимым помощником на этапе технико-экономического обоснования, позволяя выбирать наилучший вариант конструкции по заданным критериям. Помимо сравнения конструктивных решений в целом, выбор варианта может осуществляться по вычисленным для каждого варианта объёмам работ. Следующим шагом на этапе выбора могло бы стать сравнение вариантов по стоимости строительства. Это на порядок более сложная задача, однако

в последнее время важность её становится всё более очевидной.

ИНТЕРАКТИВНЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ

Сразу видеть то, что делаешь — большой плюс, способный сэкономить много времени на этапе проектирования. При этом интерактивность должна быть на таком уровне, чтобы изменение любого параметра объекта приводило к изменению этого параметра во всех взаимосвязанных частях проекта.

Трёхмерное изображение трубы

Формирование трёхмерного изображения трубы может значительно упростить первоначальный выбор положения трубы, т.к. по характеру рельефа можно оценить направление стоков воды, примерно оценить необходимый уклон сооружения и пр. Кроме того, возможность формирования красочной 3D-модели всегда будет полезна для подготовки презентаций и защиты проекта.

Качественная выходная информация

Здесь уместен принцип «формирование отчёта — печать — вставка в проект», т.е. минимальное количество правок выходных документов в сторонних редакторах. Естественно должно обеспечиваться соответствие оформления национальным стандартам с возможностью гибкой настройки параметров оформления пользователем.

Обзор имеющихся решений

На российском рынке уже имеются программные продукты для автоматизации процесса проектирования труб, среди них — «Топоматик Robur — Искусственные сооружения» (ООО НПФ «Топоматик», г. Санкт-Петербург), «CREDO Трубы» (СП «Кредо-Диалог» — ООО, г. Минск), IndorCulvert (ООО «ИндорСофт», г. Томск). Каждая из этих программ в той или иной степени удовлетворяет перечисленным выше требованиям. Рассмотрим далее эти программы более подробно.

CREDO Трубы

Система «CREDO Трубы» является разработкой компании «Кредо-Диалог» и уже достаточно давно представлена на российском рынке. Работа в системе «CREDO Трубы» осуществляется в проекте, где может быть создан только один вариант конструкции трубы. Проектирование водопропускной трубы возможно по двум сценариям: типовое проектирование и индивидуальное проектирование. Типовое проектирование подразумевает автоматический подбор средней части трубы в соответствии с типовыми проектами. Индивидуальное проектирование предполагает ручную компоновку тела трубы из составляющих её элементов — блоков программной базы [5]. На рисунке 2 представлен внешний вид главного окна системы «CREDO Трубы».

При типовом проектировании автоматический подбор средней части

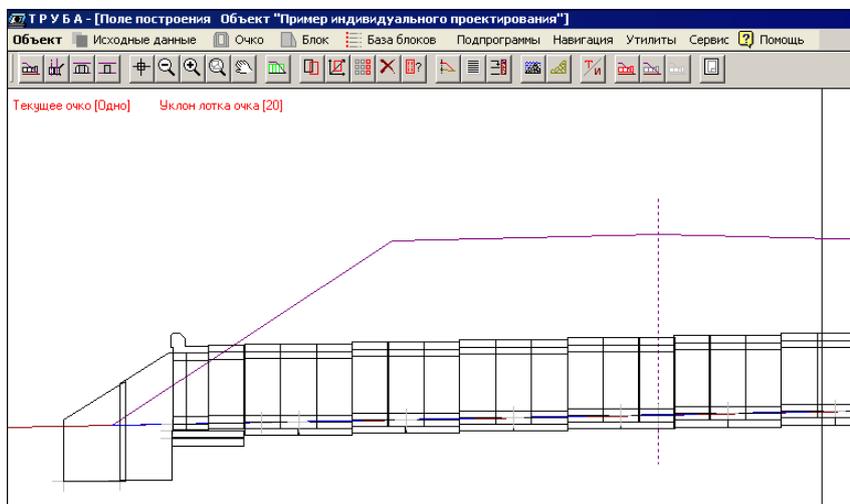


Рис. 2. Внешний вид главного окна программы «CREDO Трубы»

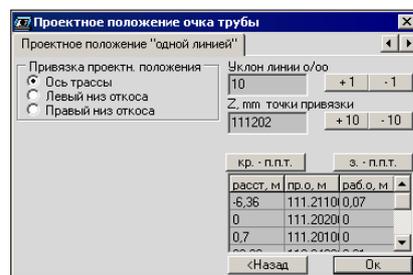


Рис. 3. Параметрическое задание проектного положения трубы

трубы осуществляется в соответствии со следующими типовыми проектами:

- Серия 3.501.1-144. Трубы водопропускные круглые железобетонные сборные для железных и автомобильных дорог.
- Серия 3.501.3-183.01. Трубы водопропускные круглые из гофрированного металла для железных и автомобильных дорог.
- Серия 3.503.1-112.97. Трубы водопропускные круглые железобетонные из длинномерных звеньев (для опытного применения) — диаметром 1,5 м; 2х1,5 м; 3х1,5 м.

Рассмотрим примерный порядок работы в программе при типовом проектировании водопропускных труб.

Исходные данные по проектному и чёрному поперечным профилям можно вводить в специальном окне, задавая координаты характерных точек, или импортировать данные из систем CREDO_DAT и CREDO Топоплан, используя файлы обменных форматов.

Для задания положения тела трубы в насыпи вводится понятие «проектное положение трубы» — это линия, которая обозначает условный низ лотка поверхности трубы в рамках текущего очка. Геометрия этой линии задаётся параметрически в диалоговом окне (рис. 3). После задания проектного положения трубы программа автоматически подбирает оптимальную схему средней части трубы, которую можно при необходимости отредактировать.

Проектирование укреплений трубы (откосов и русла) выполняется путём ручного задания ряда параметров в специальном диалоговом окне. Эти параметры определяют тип укреплений (каменной наброской или монолитным бетоном), а также геометрические характеристики укреплений (например, толщину укрепления, ширину укрепления насыпи и пр.).

Чтобы вычислить земляные работы по устройству котлована или замены грунта под сооружением, необходимо в отдельном диалоге вручную задать геометрию соответствующих объектов, указав, например, глубину котлована по оси трубы, ширину котлована и пр. После задания этих данных становится доступной информация в статистике по объёму земляных работ.

Чертёж рекомендуется создавать после выполнения всех видов работ в программе «CREDO Трубы». Он формируется по запросу в соответствии с заданными в программе настройками и передаётся для доработки в систему AutoCAD. Чтобы изменить вид уже сформированного чертежа, придётся регенерировать заново чертёж в системе «CREDO Трубы». Для доведения полученного чертежа до нужного состояния разработаны специальные утилиты к системе AutoCAD, значительно облегчающие работу проектировщика, например, вычерчивание штампа, таблицы спецификации или ведомости объёмов.

Выводы

Особенностью данной программы является отсутствие какой-либо интерактивности при разработке проекта: создание и редактирование конструкции выполняется только через задание параметров в разных диалоговых окнах. Однако можно промерить расстояние между двумя указанными точками в рабочей области, а также в особом режиме получить информацию по указанному блоку конструкции.

Также заметим, что в рамках одного проекта можно проработать всего один вариант конструкции, т.е. полностью отсутствует возможность технико-экономического обоснования, состоящая в сравнении нескольких рабочих вариантов проекта.

При типовом проектировании автоматический подбор элементов конструкции выполняется только для средней части трубы, а для доработки чертежа нужна сторонняя программа AutoCAD.

Топоматик Robur — Искусственные сооружения

Система «Топоматик Robur — Искусственные сооружения» также уже несколько лет представлена на российском рынке и успела завоевала заслуженную популярность среди инженеров-проектировщиков (рис. 4). Она предоставляет широкий спектр поддерживаемых типовых альбомов [6]:

- Серия 3.501.1-144. Круглые бетонные трубы бесфундаментные для автомобильных дорог.
- Серия 3.501.1-144. Круглые бетонные трубы с плоским опиранием для автомобильных и железных дорог.
- Серия 3.501.1-177.93. Прямоугольные бетонные трубы для автомобильных дорог.
- Серия 3.501.1-179.94. Прямоугольные бетонные трубы для автомобильных и железных дорог.
- Серия 503-7-015.90. Круглые бетонные трубы с длинномерными звеньями для автомобильных дорог.
- Серия 3.501.3-183.01. Круглые трубы из гофрированного металла для автомобильных и железных дорог.
- Серия 3.501.3-187.10. Трубы водопропускные круглые спиральнолитые из гофрированного металла для автомобильных и железных дорог.
- Серия 501-96. Унифицированные круглые косоугольные трубы для автомобильных дорог.
- Шифр 1484 выпуск 0-2.
- Серия 3.501.1-179.94 выпуск 0-1.
- Серия 3.501.3-185.03. Конструкции из гофрированного металла для автомобильных и железных дорог.
- Серия 2175РЧ. Трубы водопропускные железобетонные круглые с плоским основанием

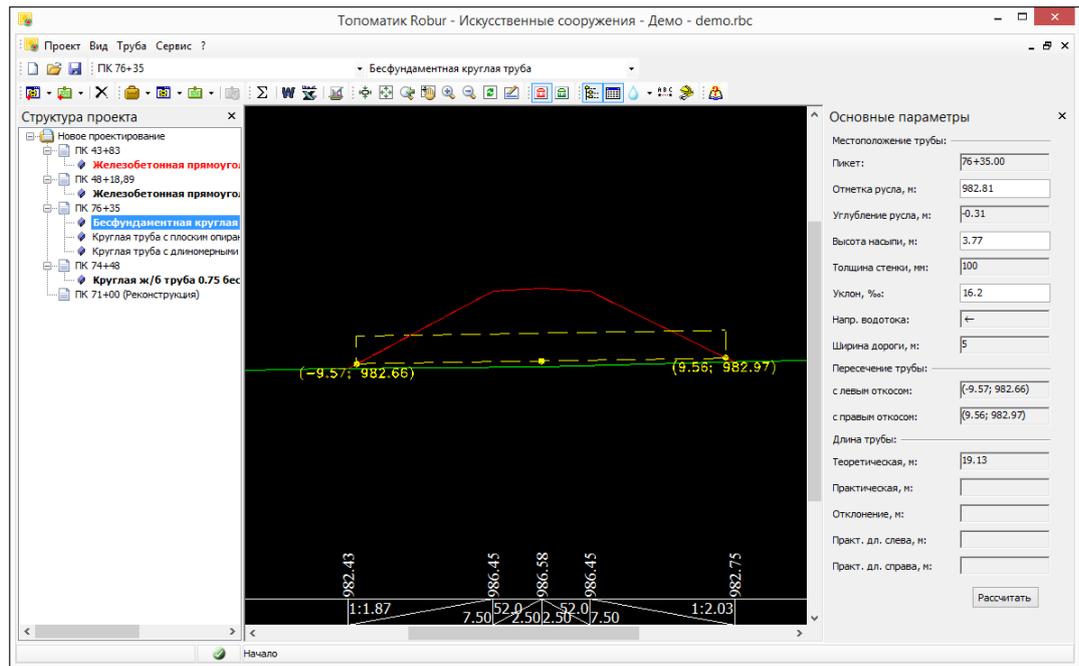


Рис. 4. Внешний вид главного окна системы «Топоматик Robur — Искусственные сооружения»

для автомобильных дорог в умеренных и суровых климатических условиях.

- Серия 3.501.3-186.09. Трубы водопропускные круглые из гофрированного металла для автомобильных и железных дорог.
- Серия 3.501.3-187.10. Трубы водопропускные круглые спирально-витые из гофрированного металла

для автомобильных и железных дорог (северное исполнение).

Система «Топоматик Robur — Искусственные сооружения» может использоваться в качестве автономной программы, так и в составе программного комплекса «Топоматик Robur». При использовании системы в составе «Топоматик Robur» возможна автоматизированная укладка

трубы по цифровой модели рельефа и проектной поверхности проектируемой дороги. При автономном использовании программы ввод данных по проектному и чёрному поперечникам выполняется в ручном режиме в таблицах с полями для указания отметок и расстояний характерных точек справа и слева от оси дороги.

Рис. 5. Чертёж конструкции водопропускной трубы в системе «Топоматик Robur — Искусственные сооружения»



Положение трубы в насыпи можно задавать визуально с помощью управляющих точек или более точно, задавая отметки характерным точкам или перемещая водопропускную трубу на заданную величину.

После того как определены необходимые проектные данные и проведена укладка трубы в поперечнике, выполняется автоматическая раскладка трубы, т.е. на теоретическую длину раскладываются секции средней части выбранной конструкции в привязке к типовому альбому, блоки и звенья оголовков, проектируются фундаменты и укрепления. Заметим, что расчёт укрепления откосов и русел производится программой автоматически.

Проект в системе «Топоматик Robur — Искусственные сооружения» представляет собой совокупность объектов, относящихся к конкретной дороге или площадке, например, водопропускные сооружения, расположенные на различных пикетажах автомобильной дороги. В каждом объекте может быть создано несколько вариантов конструкций.

В рабочем окне программы представлено схематичное изображение трубы, а для формирования полноценного чертежа необходимо выполнить специальную команду (рис. 5). В настройках чертежа можно указать, какие сечения трубы должны быть представлены на чертеже (план, продольный разрез, фасад, попереч-

ный разрез). Также в настройках задаётся, какие таблицы должны быть на чертеже (таблица основных показателей, таблица объёмов работ, таблица объёмов работ для укрепления, таблица спецификаций).

Отдельной командой в программе можно запустить диалог, в котором отображаются рассчитанные координаты и отметки всех характерных точек.

Выводы

Система «Топоматик Robur — Искусственные сооружения» является полноценной системой для проектирования водопропускных труб — в ней реализована поддержка наиболее распространённых типовых альбомов. Кроме того, в системе доступен большой набор ведомостей с объёмами работ, которые могут быть выведены на чертёж или выгружены в документ Microsoft Word.

Помимо нового проектирования, в системе реализована возможность реконструкции существующих водопропускных труб. Также заметим, что удобным дополнением к функциям системы является то, что в процессе проектирования диагностируются проектные решения, выходящие за принятые нормы, и об этом выдаются соответствующие предупреждения.

Определённым неудобством в работе может показаться отсутствие наглядности, поскольку итоговый чертёж со всеми необходимыми размерами

и отметками формируется только по запросу.

IndorCulvert

Система IndorCulvert является новой разработкой компании «ИндорСофт». Она была анонсирована осенью 2015 года. Несмотря на то, что это самая «молодая» программа на российском рынке в области проектирования искусственных сооружений, она обладает большим потенциалом и имеет все шансы занять лидирующее положение на рынке.

На момент выхода первой версии системы в ней была реализована поддержка следующих типовых альбомов:

- Серия 3.501.1-144. Трубы водопропускные круглые железобетонные сборные для железных и автомобильных дорог.
- Шифр 1484. Трубы водопропускные круглые железобетонные сборные для железных и автомобильных дорог.
- Серия 503-7-015.90. Трубы водопропускные круглые железобетонные из длинномерных звеньев.
- Серия 3.501.3-183.01. Трубы водопропускные круглые из гофрированного металла для железных и автомобильных дорог.

Проект в системе IndorCulvert представляет собой набор объектов (участков) проектирования, принадлежащих одной дороге. Каждый объект может содержать произвольное количество

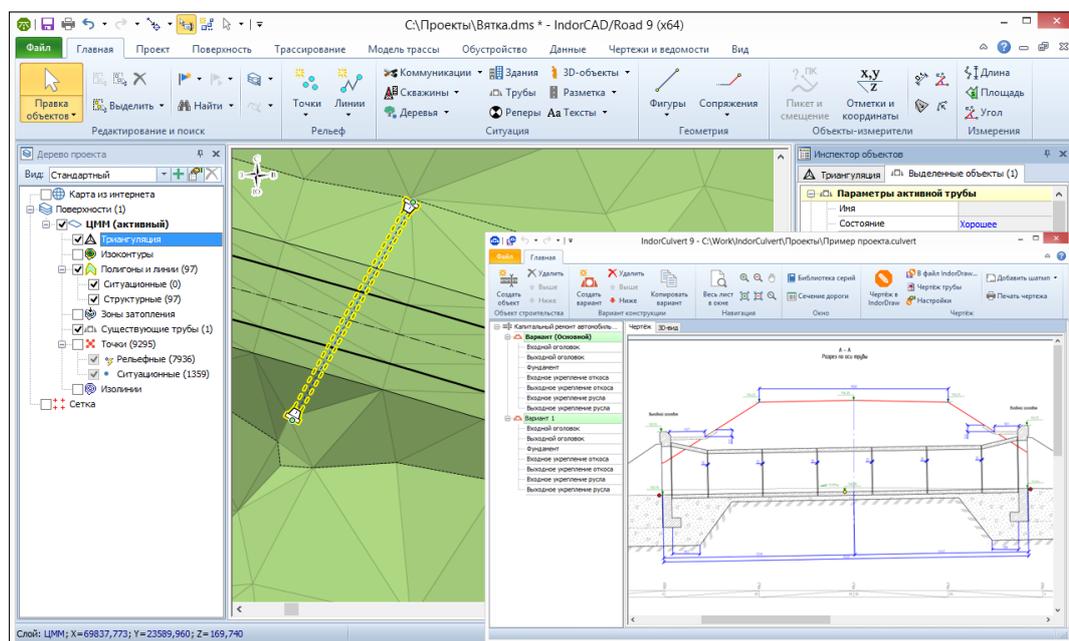


Рис. 6. Использование системы IndorCulvert совместно с IndorCAD

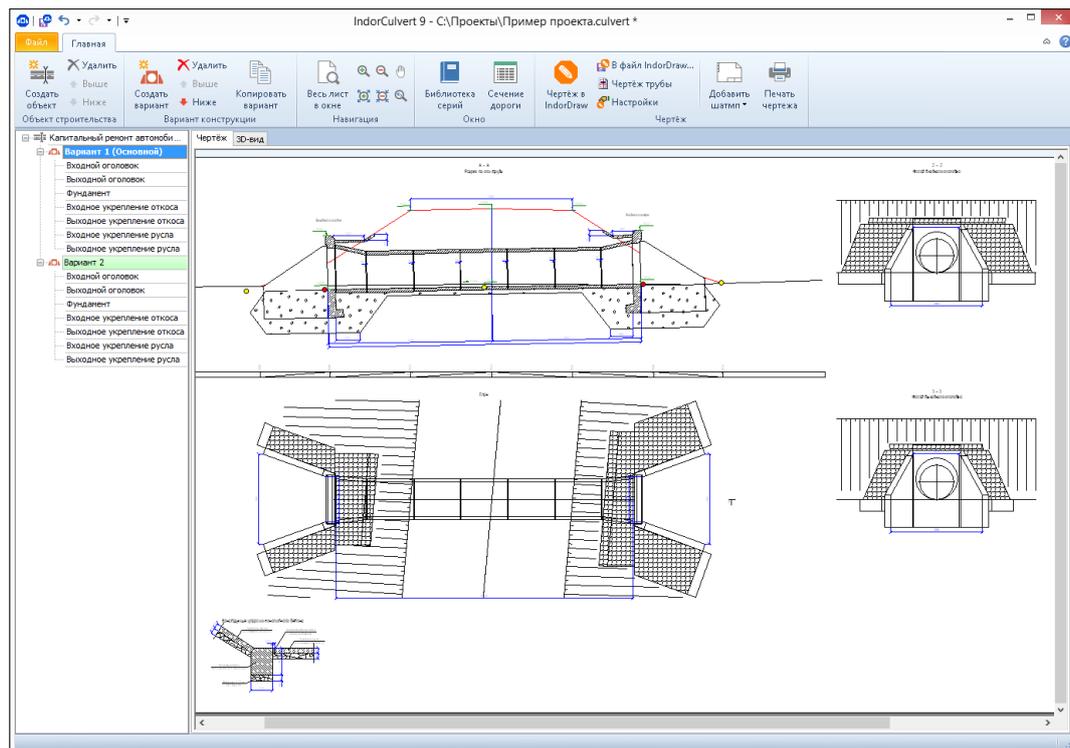


Рис. 7. Внешний вид главного окна системы IndorCulvert

вариантов конструкций водопропускной трубы, что позволяет проводить вариантное проектирование.

Система IndorCulvert может использоваться автономно или совместно с системой проектирования автомобильных дорог IndorCAD (рис. 6), что особенно важно в контексте набирающей оборот концепции информационного моделирования [7]. Использование совместно с IndorCAD даёт возможность укладки трубы по существующему рельефу и проектной поверхности дороги. При создании трубы отметки низа оголовков привязываются к проектной поверхности, а в качестве «чёрного» поперечника используется интерполированная поверхность. Из IndorCAD можно перейти в систему IndorCulvert для дальнейшего проектирования трубы. Поперечное сечение при этом сформируется автоматически и будет построено «первое приближение» конструкции трубы с учётом её текущей длины.

Уникальной особенностью системы IndorCulvert, выделяющей её на фоне аналогов, является то, что рабочая область в системе представляет собой непосредственно итоговый чертёж в том виде, в каком он будет передан для дальнейшей доработки в систему подготовки чертежей (рис. 7). На чертёж уже нанесена большая часть необходимых отметок, размерных линий, штриховок, а также чертежи узлов создаваемой конструкции. Чертёж является динамическим и при изменении любого параметра конструкции или каких-либо исходных данных он сразу же обновляется. Это

предоставляет особое удобство и наглядность при работе.

Положение трубы в насыпи задаётся интерактивно на чертеже с помощью специальных управляющих точек. При любом изменении геометрии трубы автоматически пересчитывается раскладка средней части трубы. Заметим, что все доступные в системе ведомости, среди которых — таблица проектных данных, таблица спецификаций, таблица объёмов работ по котловану и др. — также автоматически пересчитываются и обновляются сразу на чертеже. Таким образом, просто переключаясь по вариантам конструкции, можно быстро сравнить варианты по определённым критериям и выделить наиболее перспективные.

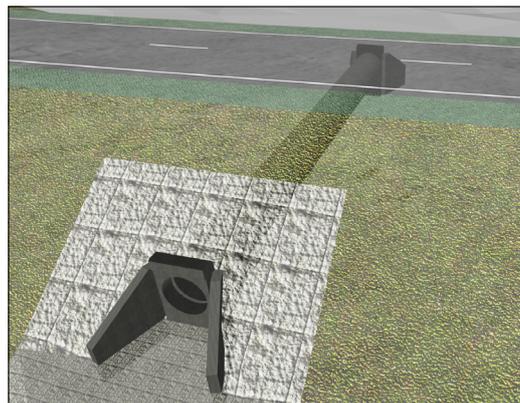


Рис. 8. Трёхмерная модель водопропускной трубы в системе IndorCulvert

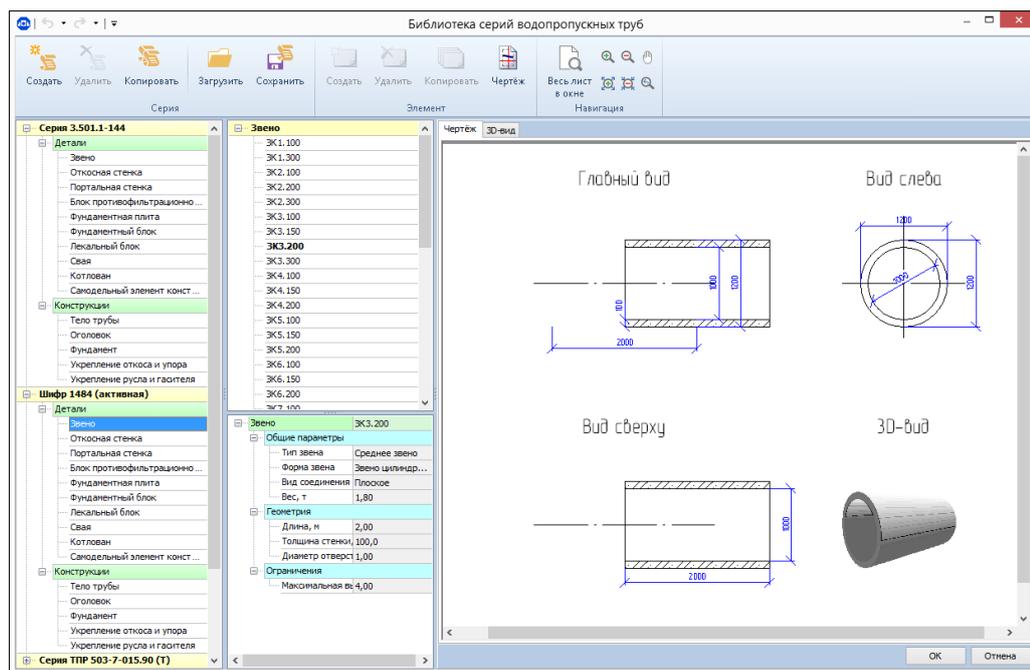


Рис. 9. Библиотека серий в системе IndorCulvert

В системе IndorCulvert укрепления откосов и русел формируются автоматически согласно решениям, заложенным в соответствующих типовых проектах. Для укрепления откосов может быть выбран монолитный бетон, сборное ж/б укрепление, каменная наброска или габионы, для укрепления русел — монолитный бетон, сборное ж/б укрепление, каменная наброска, асфальтобетон, матрасы Рено.

Конструкцию водопропускной трубы можно оценивать не только на динамическом чертеже, но и по её полноценной трёхмерной модели, которая всегда доступна на отдельной вкладке проекта (рис. 8).

Отдельного внимания заслуживает библиотека серий, реализованная в системе IndorCulvert. В ней представлена вся используемая номенклатура из поддерживаемых типовых альбомов. По каждому элементу (звену средней части, откосная стенка, фундаментный блок и пр.) можно посмотреть подробную информацию (рис. 9).

Особенностью библиотеки является возможность её расширения путём добавления новых позиций номенклатуры. Добавить можно либо отдельную деталь — звено средней части, фундаментный блок, откосную стенку — либо целую конструкцию (например, оголовка) в виде набора элементов. Выбрав в системе индивидуальный тип проектирования, можно «собрать»

конструкцию из нестандартных элементов и сразу увидеть её на чертеже.

Выводы

Система IndorCulvert обладает рядом важных преимуществ по сравнению с аналогами, среди которых — динамическая область проектирования, позволяющая сразу видеть результаты принятия каких-либо проектных решений, возможность оценки трубы по её трёхмерному изображению. Также нельзя не отметить максимально полный чертёж конструкции трубы, формируемый системой.

IndorCulvert только недавно появилась на рынке программного обеспечения, и в ближайших перспективах развития системы стоят следующие задачи: расширение набора поддерживаемых типовых альбомов и реализация проектирования реконструкции водопропускных труб.

Заключение

В настоящее время востребованность программного обеспечения для проектирования искусственных сооружений не вызывает сомнений, и связано это с широким распространением данного вида работ в проектной деятельности. При этом возрастают и требования к таким программным продуктам. По мнению авторов наиболее востребованными в будущем будут те автоматизированные системы для

проектирования искусственных сооружений, которые обеспечат наиболее тесную интеграцию с процессом проектирования автомобильной дороги, а также те, с помощью которых можно будет наиболее эффективно выполнять технико-экономический анализ, выбирая наилучший вариант конструкции сооружения. ■

Литература:

- СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03–84. М.: Центр проектной продукции в строительстве, 2011. 341 с.
- Официальный сайт Федерального дорожного агентства. URL: <http://www.rosavtdor.ru> (дата обращения: 15.03.2015).
- Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. URL: http://rosavtdor.ru/storage/b/2014/06/24/trans_strat.pdf (дата обращения: 01.10.2015).
- Пуркин В.И. Основы автоматизированного проектирования автомобильных дорог: Учеб. пособие. М.: МАДИ (ТУ), 2000. 141 с.
- Трубы 1.0. Проектирование водопропускных труб. Руководство пользователя. Минск, 2009. 55 с.
- Топоматик Robur. Искусственные сооружения. Версия 1.5. Руководство пользователя. Санкт-Петербург, 2014. 42 с.
- Скворцов А.В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 4–12. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.1.