

# Информационное моделирование автомагистрали на подходе к г. Новороссийску

DOI: 10.17273/CADGIS.2019.2.3

Маргарян Д.С., студент МАДГТУ (МАДИ), профиль магистратуры «Проектирование автомагистралей и управление проектами», 2-й курс, группа 2МПДУ

Решетько А.Ю., студент МАДГТУ (МАДИ), профиль бакалавриата «Автомобильные дороги», 4-й курс, группа 4БД1

Варнаков Я.А., студент МАДГТУ (МАДИ), специализация «Строительство уникальных зданий и сооружений, автомагистралей, аэродромов и уникальных сооружений», 5-й курс, группа 5МС2

*Данная статья представляет собой результат проектной деятельности студентов дорожно-строительного факультета МАДГТУ (МАДИ). В статье описывается процесс формирования информационной 3D-модели на основе данных, предоставленных Государственной компанией «Автодор», при помощи нескольких программных продуктов. Описываются этапы формирования информационной 3D-модели в системе IndorCAD; приводятся особенности проектирования малых архитектурных сооружений в ПО Renga Structure и процесс сборки сводной информационной модели в ПО Navisworks. Кроме того, описывается опыт организации коллективной работы в среде общих данных.*



Транспортная развязка в районе села Джигинка на 73-м км трассы А-290, фото: © Росавтодор

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Статья написана студентами дорожно-строительного факультета МАДГТУ (МАДИ) по материалам исследований и практической апробации положений информационного моделирования автомобильных дорог в процессе их жизненного цикла. Данные исследования осуществляются в том числе в рамках деятельности студенческого научного общества (СНО) на кафедре геодезии и геоинформатики МАДИ. Учитывая то, что создание информационных моделей дорог на проектной стадии и тем более поддержка их на последующих стадиях жизненного цикла (строительство, эксплуатация) требует согласованного взаимодействия специалистов разного профиля, то к работе в СНО привлекаются студенты дорожно-строительного факультета различных специальностей (это видно и из списка авторов данной статьи).

Несмотря на то, что данные исследования ведутся студентами на протяжении всего лишь последних трёх лет, достигнуты уже определённые результаты, получившие признание экспертным советом всероссийского конкурса «BIM-технологии» в номинации «Студенческая работа». Этот конкурс ежегодно проводится при поддержке Минстроя РФ, «Росавтодора», а также Университета Минстроя, Союза архитекторов России, ВШЭ и других структур и организаций, заинтересованных в скорейшей и эффективной цифровизации отечественного строительного комплекса.

В 2018 году 1-е место в этом конкурсе занял проект студентов МАДИ Д. Маргаряна и А. Решетько «Участок автомобильной дороги Арбатов — Черноморск». В 2019 году 3-е место в этой же номинации занял проект Я. Варнакова, И. Лебедева и Т. Зинатуллина «Серия мо-

дульных мостовых переходов к Эльгинскому месторождению». Трое из пятёрки этих студентов и являются авторами данного пилота и данной статьи.

Деятельность НСО при кафедре направлена на развитие и реализацию парадигмы *InfraRusBIM Open*, суть которой заключается в формировании научных и инженерных знаний, а также практических навыков информационного моделирования объектов транспортной инфраструктуры на основе российской нормативной базы и российского программного обеспечения (ПО).

Разработки ведутся в первую очередь на основе линейки программного обеспечения от ООО «ИндорСофт» (г. Томск), флагманами которой являются САПР автомобильных дорог с элементами информационного моделирования *IndorCAD/Road* и ГИС автомобильных дорог *IndorRoad* для стадии эксплуатации автомобильных дорог. МАДИ заключил с ООО «ИндорСофт» договор о сотрудничестве, в рамках которого ООО «ИндорСофт» передал МАДИ компьютерный класс и пакет ПО, а их специалисты осуществляют консультации студентов СНО в режиме онлайн.

Помимо этого, в исследованиях апробируются отечественные программы *Renga* (*Renga Software*, г. Санкт-Петербург) для моделирования искусственных сооружений (мостов, путепроводов, эстакад) и *Pilot-ICE* (АО «Аскон», г. Санкт-Петербург), а также среда общих данных (СОД) от ООО «С-Инфо» (г. Санкт-Петербург) и ООО «Инжпроект» (г. Москва).

Какие при этом достигнуты результаты, вы сможете оценить, прочитав данную статью.

Зав. кафедрой геодезии и геоинформатики  
МАДИ, д.т.н. Бойков В.Н.

## 1. Исходные данные для проекта

Исходные данные для учебного пилотного проекта были предоставлены Государственной компанией «Автодор» и генеральным подрядчиком ООО «ИнжПроектСтрой» (г. Краснодар). Полное наименование

проекта: «Строительство и реконструкция автомобильных дорог для обеспечения комплексного развития Новороссийского транспортного узла. Строительство автомобильной дороги Цемдолина — ул. Портовая (новый участок автомобильной дороги федерального

значения М-4 «Дон», км 1542+215 — км 1552+447 (км 6+813 федеральной автомобильной дороги М-25 «Новороссийск — Керченский пролив»))».

В составе исходных данных были предоставлены сведения, приведённые в таблице 1.

Таблица 1. Исходные данные, предоставленные Государственной компанией «Автодор» и генеральным подрядчиком ООО «ИнжПроектСтрой»

п/п	Названия	Формат	Дата передачи данных
1	Материалы инженерных изысканий	DMS (IndorCAD)	12 мая 2019 г.
2	Трассы в плане и в продольном профиле	DMS (IndorCAD)	21 мая 2019 г.
3	Поперечный профиль	DWG	29 мая 2019 г.
4	План опор	DWG	25 октября 2019 г.
5	Подпорные стены (для обозначения наземных участков съездов с эстакад)	DWG	25 октября 2019 г.
6	Сводный план сетей	PDF	1 ноября 2019 г.
7	Материалы для цифровой модели	DWG	17 апреля 2019 г.
8	Шумозащитные экраны	DWG	13 мая 2019 г.
9	Проектные материалы по путепроводу на ПК5+30	DWG	14 мая 2019 г.
10	Варианты решений пешеходных переходов	DWG	14 мая 2019 г.

## 2. Формирование информационной 3D-модели автомагистрали в IndorCAD/Road

Для того чтобы увидеть объёмное изображение объекта проектирования в программе *IndorCAD* [1, 2], не обязательно обладать навыками специалиста по 3D-дизайну. Важно владеть знаниями в области проектирования автомобильных дорог и знать функциональные возможности программы.

Первым этапом создания 3D-модели является обработка данных инженерно-геодезических изысканий. В данном проекте исходной поверхностью служила цифровая мо-



Рис. 1. Фрагмент цифровой модели рельефа (ЦМР)

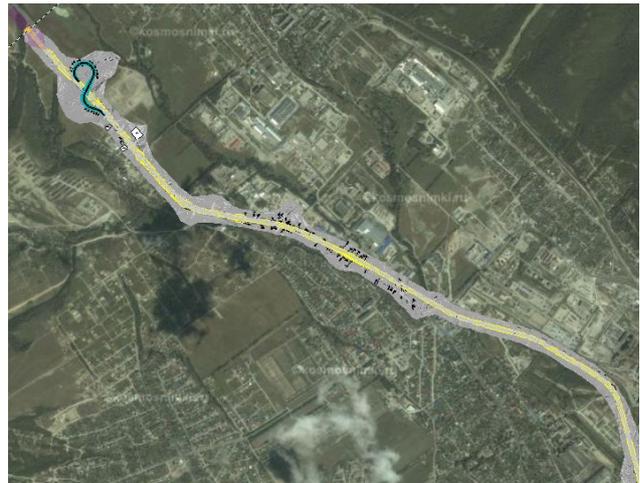


Рис. 2. Фрагмент трассы, совмещённый с космоснимком

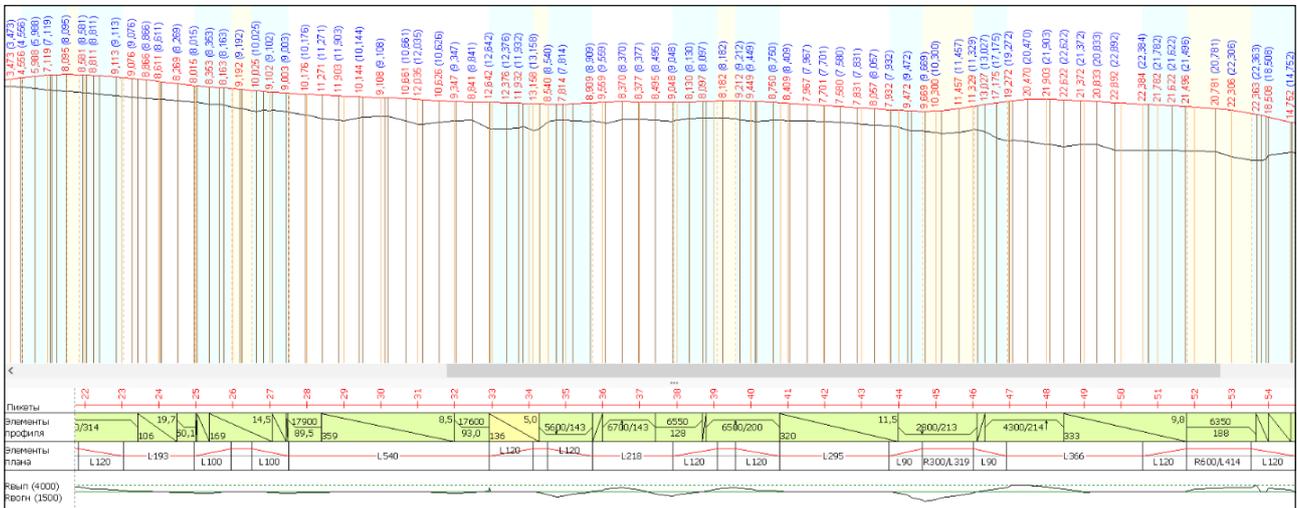


Рис. 3. Фрагмент продольного профиля

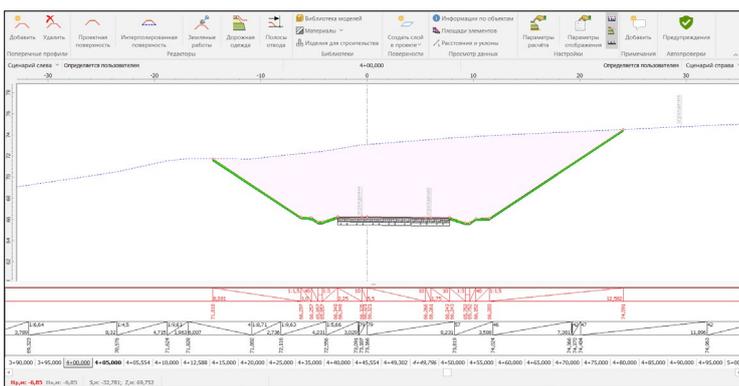


Рис. 4. Поперечный профиль

дель рельефа, построенная по съёмочным точкам и структурным линиям (рис. 1).

Вторым этапом является трассирование в плане, проектирование продольного и поперечных профилей (рис. 2, 3, 4), а также создание примыканий и увязка их с главной осью.

Третий этап включает в себя автоматическое построение 3D-модели по проектным и ис-

ходным данным. Для этого нам необходимо сформировать динамическую проектную поверхность по указанным трассам проекта. В результате чего получаем 3D-модель (рис. 5).

С помощью удобных инструментов системы IndorCAD для проектирования обустройства дороги (водопрпускных труб, линейной и точечной разметки, барьерных ограждений, дорожных знаков, сигнальных столбиков, светофоров, элементов освещения и т.д.) происходит насыщение 3D-модели до определённого уровня проработки (LOD) [3].

Все элементы обустройства приняты согласно действующим нормативным документам. Данный набор элементов позволяет не только придерживаться стандартов, но также изменять элементы обустройства согласно проектным решениям, выводить необходимые ведомости в различных форматах (например, PDF, XLS и др.), визуально оценивать 3D-модель, изменять в динамическом режиме параметры обустройства.

Элементы опор, дорожные знаки, разметка, светофоры имеют различные параметры,

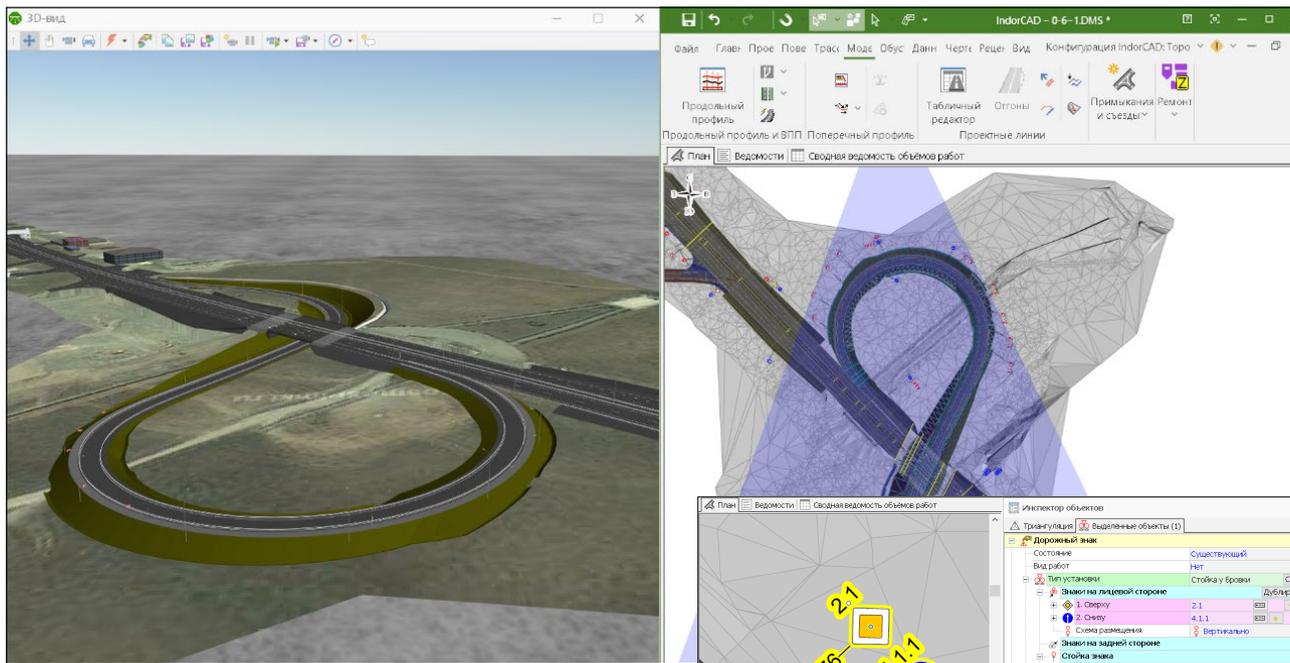


Рис. 5. Фрагмент трассы на съезде в 3D

Рис. 6. Редактирование элементов обустройства дороги

доступные для редактирования. Например, для дорожных знаков это тип установки, схема размещения знаков, диаметр, высота, материал стойки, тип фундамента (рис. 6). Вся атрибутивная информация, присвоенная элементам, закрепляется за ними. При формировании частной информационной модели объекта основные атрибуты объектов и их частей передаются в информационную модель и могут быть просмотрены в составе сводной информационной модели.

При создании зданий имеется возможность задать им определённую текстуру, указать число этажей и другие параметры (рис. 7).

### 3. Формирование элементов информационных моделей искусственных сооружений в ПО Renga Structure

Renga Structure — российская BIM-система для проектирования конструктивной части зданий и соору-

жений в соответствии с технологией информационного моделирования [4, 5]. Программа Renga является продуктом компании Renga Software (совместного предприятия компании «АСКОН» и фирмы «1С»).

Также в линейку продуктов Renga Software входят следующие программы:

- Renga Architecture (BIM-система для архитектурно-строительного проектирования);
- Renga MEP (BIM-система для проектирования внутренних инженерных систем зданий).

В проекте было принято решение о создании опор эстакад, надземных пешеходных переходов и малого моста в Renga Structure. Эта система позволяет проектировать элементы конструкций, задавая им профили сложной конфигурации. Программа Renga даёт возможность назначать материалы конструкций, армировать железобетонные элементы (как в автоматическом режиме, так и в ручном), создавать ведомости материалов и автоматически получать их объёмы, а также получать основные чертежи, ассоциативно

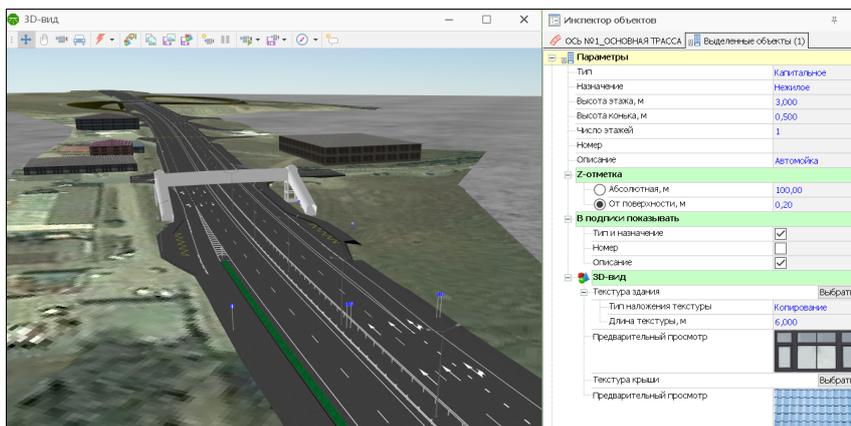


Рис. 7. Формирование объектов ПГС в зоне дороги

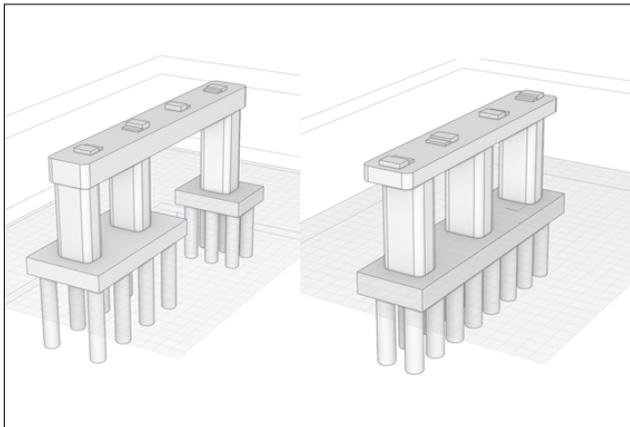


Рис. 8. Пример запроектированных опор в системе Renga Structure

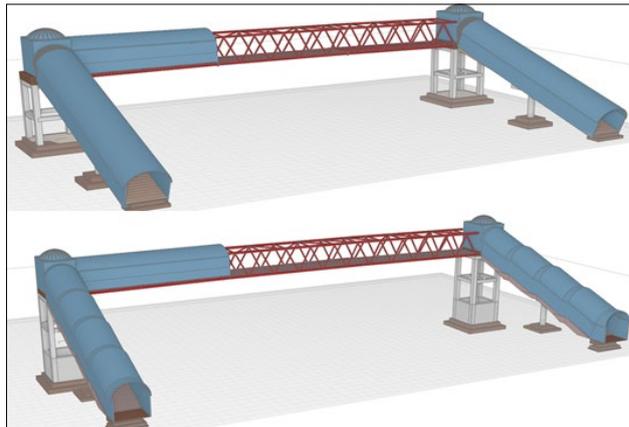


Рис. 9. Надземные пешеходные переходы в системе Renga Structure

связанные с 3D-моделью. Основным преимуществом данного программного обеспечения является простота и интуитивность интерфейса, что значительно упрощает работу с программой.

Возможности программного продукта Renga Structure имеют большой потенциал, но, как и в зарубежных аналогах типа Revit (Autodesk, США) и Tekla (Trimble, США), проектирование протяжённых линейных объектов ограничивается мощностью ПК. Кроме этого, во время работы с программным комплексом мы столкнулись с трудностью создания сталежелезобетонных пролётных строений из-за большой протяжённости эстакад, наличия виражей и поворотов в плане. Функций, способных учесть эти аспекты проектирования мостов, в Renga пока нет.

Проблема создания пролётных строений была решена в программе IndorCAD. Сталежелезобетонные пролётные строения были спроектированы с небольшой детализировкой. Они были созданы инструментом «Дорожная одежда», за основу были взяты их высоты по проектным чертежам.

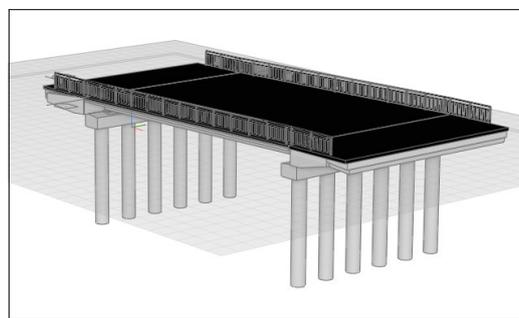


Рис. 10. Малый мост через канал в системе Renga Structure

### Проектирование опор

В программе Renga Structure были запроектированы устои и 9 типов опор эстакад с помощью создания профиля элементов и последующего его преобразования посредством инструментов «Балка», «Колонна», «Перекрытие» (рис. 8).

Каждый тип элементов был определён на конкретный уровень. Это необходимо для быстрого изменения высот тел опор и в конечном ито-

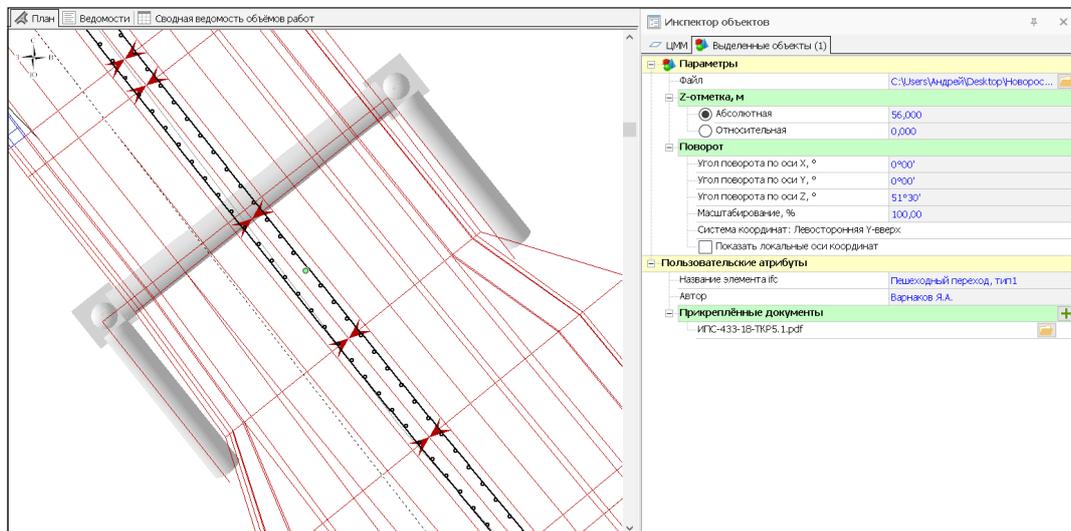


Рис. 11. Назначенные атрибуты надземного пешеходного перехода

ге для оптимизации времени на их создание (в 1-й эстакаде 86 опор, во 2-й — 72 опоры).

### Проектирование надземных пешеходных переходов

Надземные пешеходные переходы проектировались путём создания профиля конструкций, затем профиль принимал свои проектные очертания с помощью инструментов «Балка», «Колонна», «Пластина» (рис. 9). Элементы конструкций соединялись в сборках (инструмент, предназначенный для объединения элементов в единое изделие, которое в дальнейшем можно использовать как в настоящем проекте, так и передавать в последующие).

Далее сборки объединялись в единую конструкцию в модели (общий 3D-вид). Навес, лестничные сходы и опоры под нижней платформой были созданы в модели инструментами «Балка» и «Лестница».

### Проектирование малого моста через канал

Были созданы сборки устоев, сборное железобетонное пролётное строение из балок таврового сечения и перильное ограждение. Далее сборки объединялись в модели.

Опоры, надземные пешеходные переходы и мост через канал (рис. 10) экспортировались из программы Renga Structure в формат IFC, а затем импортировались в IndorCAD. Каждому объекту была присвоена атрибутивная информация, включающая в себя чертежи в формате PDF (рис. 11).

## 4. Организация коллективной работы над проектом

В рамках данного проекта процесс проектирования заключался в создании информационной модели автомобильной дороги в программном комплексе IndorCAD. Данный комплекс позволяет сформировать весь спектр рабочей документации (ведомости, чертежи), а также создать трёхмерную модель, благодаря которой можно визуально оценить качество проектного решения и выявить недостатки в составе проекта. Организация работ коллектива исполнителей была построена на основе среды общих



Рис. 12. Процесс взаимодействия на всех этапах выполнения проекта

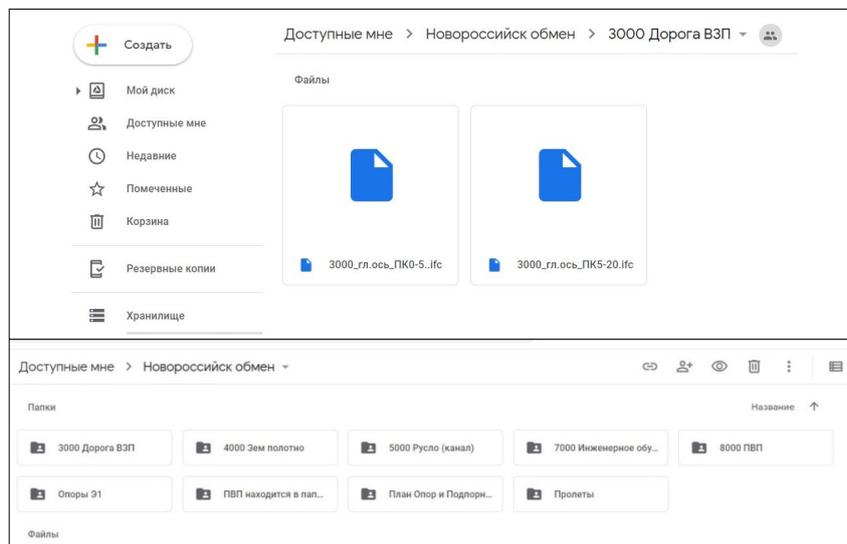


Рис. 13. Рабочие файлы в хранилище Google Диск

Автор	Создано	Изменено	Абзац	Заголовок	Приоритет	Тип	Статус	Исполнитель
Бойков Владимир Николаевич	05.04.2019	25.04.2019	По	примarilyно-проба	Средний	Предложение	Создан	Решетько Александр Юрьевич
Решетько Александр Юрьевич	05.04.2019	05.04.2019	Не	допроектирован пешеход-	Средний	Замечание	Создан	Бойков Владимир Николаевич
Решетько Александр Юрьевич	05.04.2019	10.04.2019	Довелась	за проектировщика	Высокий	Предложение	Требуется доработка	Мартынов Давид Савельевич
Матвеев Николай Михайлович	05.04.2019	10.04.2019	Довелась	за проектировщика	Средний	Замечание	Требуется доработка	Мартынов Давид Савельевич
Матвеев Николай Михайлович	05.04.2019	05.04.2019	Не	создан торгач на эстакаде	Средний	Замечание	Создан	Петренко Денис Александрович
Решетько Александр Юрьевич	16.04.2019	25.04.2019	Не	делано обустройство	Средний	Замечание	Создан	Петренко Денис Александрович
Решетько Александр Юрьевич	16.04.2019	16.04.2019	Барьерка		Средний	Предложение	Создан	Решетько Александр Юрьевич
Решетько Александр Юрьевич	26.04.2019	26.04.2019	Шлагбаум		Средний	Предложение	Создан	Решетько Александр Юрьевич
Решетько Александр Юрьевич	26.04.2019	26.04.2019	Пирамида		Средний	Замечание	Закрыт	Петренко Денис Александрович
Решетько Александр Юрьевич	26.04.2019	26.04.2019	Множественные пирамиды		Средний	Информация	Закрыт	Петренко Денис Александрович
Матвеев Николай Михайлович	14.12.2019		Необходима	функция для выд	Высокий	Предложение	Выполнен	Петренко Денис Александрович

Рис. 14. Список комментариев к проекту

данных как ключевого элемента информационного моделирования автомобильных дорог.

Среда общих данных (СОД) — это структурированное хранилище информационных моделей, обеспечивающее сбор, хранение и предоставление всех проектных и эксплуатационных материалов для всех участников технологических процессов [6].

СОД в первом приближении состоит из четырёх разделов, отличающихся уровнем готовности данных и регламентом доступа к ним (рис. 12):

- раздел рабочих данных («В работе»);
- раздел общих данных («Общий доступ»);
- раздел опубликованных данных («Опубликовано»);
- раздел архивных данных («Архив»).

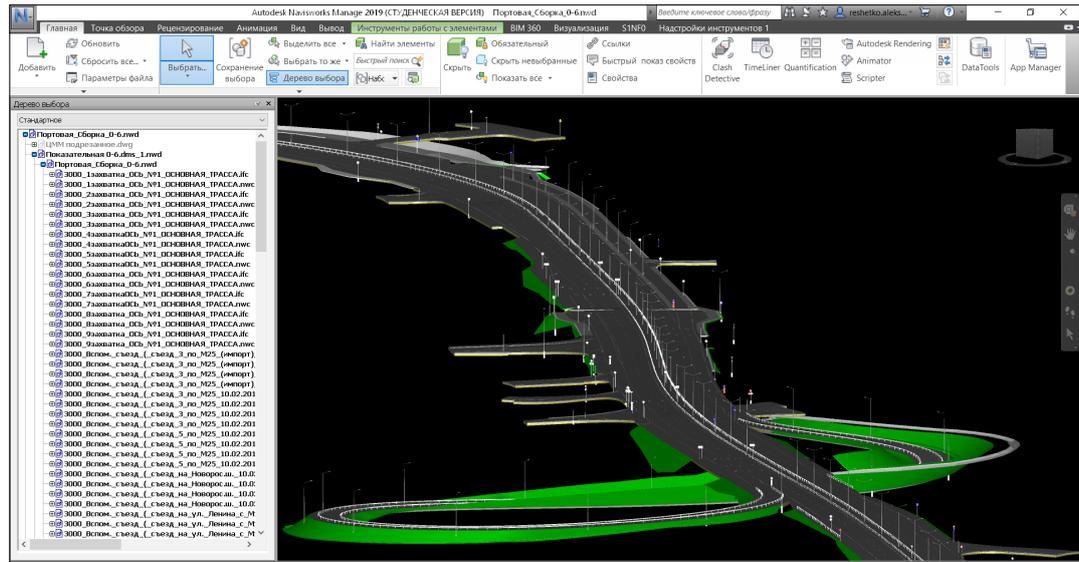


Рис. 15. Фрагмент информационной 3D-модели в Navisworks

В разделах рабочих данных находятся промежуточные частные информационные модели (части объекта строительства), над которыми ведут работы разработчики проектных решений (занимаются их созданием, редактированием, модификацией) отдельно по каждой специальности.

В разделе общих данных из отдельных частных моделей собирается сводная модель, которой пользуются разработчики проектных решений (по каждой специальности) для междисциплинарной координации своих информационных моделей.

Раздел опубликованных данных предназначен для предоставления результата проектирования (промежуточного или окончательного) на рассмотрение заказчика (например, при проведении регулярных совещаний или с целью согласования проектных решений), а также в других необходимых случаях (например, при передаче документации на экспертизу или при организации публичных слушаний).

В раздел архивных данных переносятся информационные модели из раздела опубликованных данных после прохождения этапа согласования, а также окончательно принятые и согласованные проектные решения.

### Организация информационного обмена

Разделы сформированы таким образом, чтобы обеспечить взаимодействие всех участников процесса (подрядчика, заказчика, проектировщика). Раздел «Рабочие данные», как правило, размещён на серверах подрядчика (лица, выполняющего работы согласно проекту).

Нами при выполнении проекта раздел «Рабочие данные» был организован в облачном хранилище Google Диск.

Раздел «Опубликованные данные» обычно используется для координации работы проектировщиков с заказчиком и утверждения отдельных проектных решений. В нём хранятся обычно файлы, которые носят демонстрационный характер.

Рабочие чертежи и файлы хранились в облачном хранилище Google Диск, доступ к диску имели непосредственно участники проекта (рис. 13).

Доступ к среде общих данных производился по логину и паролю в BIM-сервере, где участники проекта могли размещать актуальные версии проекта, оставлять комментарии к работе, размещать ссылки на ошибочные компоненты проекта (рис. 14). Руководствуясь данными комментариями, участники проекта должны были устранить недостатки и уведомить об изменении модели.

### Форматы хранения данных

На текущий момент в работе были использованы следующие модели и форматы данных [7, 8].

- PDF. Данный формат используется для представления рабочей и иной документации проекта. Этот формат обладает возможностью встраивания полноценных 3D-моделей непосредственно в файл, с возможностью просмотра модели в программе Adobe Reader.
- IFC 2x3. Файл содержит информационную модель здания или сооружения и используется для обмена данными о модели между различными системами автоматизированного проектирования.
- DWG. Формат файла, применяемый для хранения двухмерных, трёхмерных объектов, с возможностью дальнейшего редактирования и обмена между различными САПР.
- LAS. Данный формат является в настоящее время наиболее распространённым публичным

форматом для обмена облаками трёхмерных точек.

### Должностные обязанности участников проекта

В состав рабочей группы вошли следующие лица.

Руководитель рабочей группы исполнителя — инженер Матвеев Н.М.

BIM-менеджер — Решетько А.Ю.

BIM-координатор — Варнаков Я.А.

Администратор СОД — Маргарян Д.С.

BIM-менеджер в лице Решетько А.Ю. отвечает за создание информационной модели, регулирует процесс взаимодействия со всеми участниками проекта, даёт указания по выполнению работ.

BIM-координатор в лице Варнакова Я.А. — представитель группы исполнителя, который разрабатывает проектные решения по отдельной специальности (искусственные сооружения, инженерные сети, освещение).

Администратор СОД Маргарян Д.С. отвечает за функционирование проектной модели в соответствии с действующими регламентами, архивирует данные.

## 5. Сборка сводной модели в ПО Navisworks

Сборка сводной модели происходит из экспортированных элементов модели, таких как ЦМР, конструкция дорожной одежды, укрепленные откосы, дорожная разметка, барьерные ограждения, здания, коммуникации, в ПО Navisworks (рис. 15).

Все элементы модели экспортировались в рамках данного проекта в формате IFC (Industry Foundation Classes) — формате данных с открытой спецификацией, разработанной организацией buildingSMART (ранее International Alliance for Interoperability, IA), США) для упрощения взаимодействия в строительной индустрии.

Элементам, входящим в состав сводной модели, были присвоены классификаторы согласно СТО АВТОДОР 8.6 2016 [9]. Модель трассы имеет код 3000, земляное полотно — 4000, водоотвод — 5000, дорожные знаки — 7120, барьерное ограждение — 7170 и т.д.

Классификаторы позволяют заказчику быстро ориентироваться в проекте [10, 11]. Важно отметить, что модель,

переданная в среду общих данных, не поддается редактированию и исключает изменение проектных решений. Конструкция дорожной одежды подделана на захватки, что в дальнейшем позволяет создать линейно-календарный график работ.

Для создания модели в Navisworks были добавлены все необходимые части модели. С помощью кнопки «Добавить» на вкладке «Главная» в сводную информационную модель добавляются файлы частных информационных моделей, подготовленных в различных программных продуктах (IndorCAD, Renga и т.д.).

Сохранение файлов собранной модели возможно в двух вариантах формата.

1. NWD — файл сводной информационной модели; включает в себя все исходные данные проекта: САПР-модели, пользовательские комментарии и т.д. Файл NWD считается полным файлом, его можно открыть как в ПО Navisworks, так и в бесплатной программе просмотра файлов Navisworks Freedom без дополнительных данных.
2. NWF — содержит только ссылки на файлы исходных данных. Для открытия файла NWF требуется лицензионный продукт Navisworks, а также доступ к исходным файлам САПР.

Autodesk Navisworks позволяет моделировать процесс строительства, проводить комплексный анализ модели, своевременно находить коллизии, согласовывать все проектные решения между собой.

## 6. Направления дальнейших исследований

Состояние проекта, представленного в статье, является промежуточным. В дальнейшем планируется апробировать передачу модели в отечественные СОД «С-Инфо» и INGIPRO. Соответствующая поддержка от разработчиков этих СОД получена. Далее предполагается выполнить сметные расчёты в увязке с элементами модели, выполнить ПОС и ППР проекта и далее выполнить «имитацию» работы с моделью на стадии строительства. Завершающим этапом работы будет передача исполнительной модели в ГИС IndorRoad для последующего её применения на стадии эксплуатации

дороги. Таким образом, будет осуществлена пилотная поддержка информационной модели в процессе её жизненного цикла [12]. ■

Литература:

1. IndorCAD 10 как BIM-инструмент анализа проектных решений и обнаружения коллизий / В.Н. Бойков [и др.] // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 108–113. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.16
2. Снежко И.В., Петренко Д.А. Новые BIM-инструменты в IndorCAD // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2016. № 1(6). С. 28–33. DOI: 10.17273/CADGIS.2016.1.5
3. Сарычев Д.С., Скворцов А.В. Элементы моделей автомобильных дорог и уровни проработки как основа требований к информационным моделям // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 30–36. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.4
4. Конструирование в Renga Structure: учебное пособие. Санкт-Петербург: Renga SOFTWARE, 2018. 131 с.
5. Официальный сайт разработчика Renga Structure. URL: <https://rengabim.com/> (дата обращения: 20.12.2019)
6. Скворцов А.В., Бойков В.Н. Общая среда данных как ключевой элемент информационного моделирования автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). С. 37–41. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.2.6
7. Скворцов А.В. Стандарты для обмена данными // Автомобильные дороги. 2015. № 2. С. 84–89.
8. Скворцов А.В. Модели данных BIM для инфраструктуры // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 16–23. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.2
9. СТО АВТОДОР 8.6–2016. Организационная и технологическая поддержка процессов формирования информационных моделей автомобильных дорог на всех этапах жизненного цикла (приказ от 7 апреля 2016 г. № 44). 2016. 48 с.
10. ОДМ 218.3.105–2018. Методические рекомендации по организации взаимодействия участников разработки проектной и рабочей документации на пилотных проектах строительства, капитального ремонта и реконструкции автомобильных дорог с применением BIM-технологии. Москва. 2018. 81 с.
11. Скворцов А.В. Обзор международной нормативной базы в сфере BIM // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2016. № 2(7). С. 4–48. DOI: 10.17273/CADGIS.2016.2.1
12. Скворцов А.В., Сарычев Д.С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 1(4). С. 4–14. DOI: 10.17273/CADGIS.2015.1.1