6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД В ПРОГРАММЕ INDORPAVEMENT

6.1 Вызов программы и настройка Инспектора объектов

6.1.1 Вызов программы. Программу для расчёта дорожных одежд вызывают по пиктограмме программы IndorPavement на Рабочем столе компьютера . В программе нужно создать новый проект, т.е. на закладке: «**Файл > Создать новый проект».** Новый проект будет пустым, но его лучше сразу сохранить на диске в своей папке, например: ***Иванов_ДО***.

Далее заполняют свойства проекта с помощью блока **Инспектор объектов**. Если при открытии программы Инспектор объектов не отображается, то в верхней части экрана на закладке «**Главная»** в группе параметров «**Данные»** левой кнопкой мыши (ЛКМ) активируют «**Инспектор объектов»** и в нём переходят на закладку «**Свойства проекта»**. Свойства проекта размещены в виде дерева и, чтобы его раскрыть, необходимо нажать ЛКМ на «плюсик» слева от позиции «**Общие параметры проекта**». Вводят параметры:

- название объекта – по фамилии учащегося, например: **Трасса студента Иванова** (после ввода информации не забывайте нажимать клавишу **<Enter>**;

- район проектирования – указать по заданию на курсовое проектирование, например: **Томская область**;

- единица стоимости конструкции – **тыс. руб**. Сравнение вариантов дорожной одежды будет производиться по стоимости.

6.1.2 Выбор методики расчёта. В 9-й версии программы IndorPavement выбирают методику расчёта, т.е. нормативный документ. Это можно сделать в Инспекторе объектов на ветке «**Применяемые для расчётов нормативные документы**» или на закладке «**Главная > Расчётные методики**». В группе методик выбирают:

- (базовая) методика расчёта нежёстких дорожных одежд – **ОДН 218.046-01**;

- методики расчёта геосинтетических материалов в укреплении основания – **Без учёта геосинтетики** (Не учитывать геосинтетические материалы в слоях основания);

- методики учёта геосинтетических материалов – флажки везде снимают.

В ранних версиях программы такой функционал отсутствует.

6.1.3 Назначение критериев расчёта. Необходимо раскрыть эту ветку дерева, нажав на «плюсик» напротив позиции «**Критерии расчёта**», и поставить флажки напротив:

- расчёт на сдвигоустойчивость;

- расчёт на сопротивление при изгибе;

- расчёт на морозоустойчивость. Если район проектирования относится к IV дорожно-климатической зоне, то расчёт на морозоустойчивость не выполняют.

6.1.4 Параметры района проектирования. Необходимо раскрыть эту ветку дерева, нажав на «плюсик» напротив позиции «**Параметры района проектирования**» и задать соответствующие параметры. Далее задают параметры:

- техническая категория – назначенная в курсовом проекте категория дороги;

- тип дорожной одежды – **капитальный** или **облегченный**.

- дорожно-климатическая зона и подзона – необходимо раскрыть эту ветку дерева, нажав на «плюсик» напротив позиции «**Дорожно-климатическая зона**». Их можно определить по дорожно-климатической карте, вызываемой с помощью графической кнопки <**Карта…**>;

- Восточный район – ставят флажок, если район проектирования находится восточнее реки Енисей;
- схема увлажнения – **Схема 1 (атмосферные осадки)**;
- расчётный срок службы – **20 лет**.

6.1.5 Требуемые коэффициенты прочности. Они задаются в программе, как явно, так и автоматически по категории дороги и коэффициенту надёжности (в соответствии с табл. 3.1 ОДН 218.046-01 [8]). В старых версиях программы выбирают методику – «**По ОДН 218.046-01**», в 9-й версии – «**Автоматический расчёт**». **Коэффициент надёжности** принимают: **0,95** – для дорог II и III категории, **0,9** – для дорог IV категории.

6.1.6 Параметры дороги. Необходимо раскрыть эту ветку дерева, нажав на «плюсик» напротив позиции «**Параметры дороги**». Их вводят для сравнения вариантов конструкции дорожной одежды по стоимости. В курсовом проектировании следует принять:

- Длина участка проектирования, м – **1000**;
- Ширина участка проектирования, м – *ширина земляного полотна в зависимости от категории дороги*;
- Ширина проезжей части, м – (*2 полосы движения + 2 краевые полосы по 0,5 м*);
- Тип земляного полотна – **насыпь***;*
- Высота насыпи – *руководящая отметка для первого типа местности по увлажнению*.

6.1.7 Расчётная нагрузка. Необходимо раскрыть эту ветку дерева, нажав на «плюсик» напротив позиции «**Расчётная нагрузка**». Напротив позиции «**Двухбаллонное колесо**» – поставить флажок. В обновляемой версии программы IndorPavement можно поставить флажок напротив позиции «**Назначить параметры нагрузки согласно ГОСТ 32960-2014**».

Напротив позиции «**Давление колеса на дорогу**» необходимо раскрыть ветку дерева, нажав на «плюсик» напротив неё. Этому параметру ввести значение **«Явное задание»**, так как предлагаемые варианты нагрузок предлагаются по ОДН 218.046-01 и не соответствуют ГОСТ [8, 9]. Тогда необходимо заполнить следующие поля:

- Давление в шине *p*, МПа – **0,8** (для капитальных одежд) и **0,6** (для облегченных и переходных одежд);
- Диаметр отпечатка шины (дин.), см – **39**;
- Диаметр отпечатка шины (стат.), см – **34**[1];
- Статическая нагрузка на ось *Q*, кН – **115** (для капитальных одежд) и **100** (для облегченных и переходных одежд).

6.1.8 Явное задание числа приложений расчётной нагрузки. Параметр «**Число приложений расчётной нагрузки**» также требует раскрытия ветви, т.е. нажатия ЛКМ на «плюсик». Если число приложений расчётной нагрузки $\sum N_{\text{р}}$ уже вычислено, то, выбрав значение «**Явное задание**», следует его ввести. Если требуется рассчитать в программе $\sum N_{\text{р}}$, то выбирают для параметра «**Число приложений расчётной нагрузки**» вводят значение «**Расчёт по условиям движения**» и вводят соответствующие данные.

[1] В курсовом проекте расчёт на статическую нагрузку не ведётся

6.2 Характеристики грунта земляного полотна

6.2.1 Назначение грунта земляного полотна. В окне программы «**Проект конструкции дорожной одежды**», предназначенном для конструирования и расчётов дорожной одежды, нужно щелкнуть ЛКМ по строке «**Грунт земляного полотна**», в результате чего данная позиция выделится жёлтым цветом.

В Инспекторе объектов следует перейти на закладку «**Материалы»** и в появившемся дереве раскрыть ветвь (нажать ЛКМ на «плюсик») «**Материалы земляного полотна».** Далее из групп (**глина**, **песок**, **суглинок**, **супесь**), раскрыв соответствующую ветвь дерева, выбирают грунт земляного полотна в соответствии с заданием на курсовое проектирование. Нажимают ЛКМ на соответствующий грунт и, не отпуская кнопки мыши, механически перетаскивают материал в окно проекта конструкции дорожной одежды. Если всё сделали правильно, то в желтой строке в графе «**Материал**» появится название выбранного грунта.

Необходимо проанализировать данные по грунту земляного полотна, установленные в программе по умолчанию. В позиции «Свойства грунта» задать соответствующее значение коэффициента уплотнения.

6.2.2 Расчётная относительная влажность грунта. Снова вызывают в Инспекторе объектов окно **«Свойства проекта»** и заполняют характеристики для расчёта относительной влажности грунта.

При суммарной толщине слоев дорожной одежды $Z_1 \geq 0{,}75$ м расчётную влажность определяют по формуле:

$$W_{\text{р}} = \left(\overline{W}_{\text{таб}} + \Delta_1 - \Delta_2\right)\left(1 + 0{,}1t\right) - \Delta_3,$$

где $\overline{W}_{\text{таб}}$ – среднее многолетнее значение относительной влажности, Δ_1 – поправка на особенности рельефа территории, Δ_2 – поправка на конструктивные особенности проезжей части и обочин, Δ_3 – поправка на влияние суммарной толщины стабильных слоёв дорожной одежды, t – коэффициент нормированного отклонения.

В ветви дерева «**Расчётная относительная влажность грунта»** заполняют параметры:

- Способ расчёта относительной влажности – **по параметрам местности***;*
- Рельеф задают по району проектирования (**равнинный** или **предгорный**).
- Способ расчёта поправки на конструктив – для дороги IV категории можно ввести параметр «**Явное задание**» и ввести величину поправки **0**. Для дороги II или III категории – «**Рассчитать по конструктивным особенностям***»* и выбрать вид конструктивной особенности.

Далее необходимо задать значение для параметра:

- Средняя многолетняя влажность – **Рассчитать по параметрам местности**.

Табличное значение средней влажности программа сама назначит по виду заданного грунта земляного полотна и района проектирования.

6.2.3 Параметры расчёта на морозоустойчивость. Среднюю многолетнюю глубину промерзания назначают по району проектирования. Она прописана в ведомости климатических показателей в первой главе пояснительной записки к курсовому проекту.

Способ определения глубины промерзания – **Автоматический расчёт**.

Уровень грунтовых вод предполагается низким для участка, на котором проектируется дорожная одежда, поэтому можно задать 10 метров.

6.2.4 Параметры грунта земляного полотна. Снова в окне «**Проект конструкции дорожной одежды»** выделяют ЛКМ грунт земляного полотна, чтобы строка стала в жёлтом цвете. Тогда все характеристики назначенного грунта земляного полотна отобразятся в окне Инспектора объектов на закладке «**Свойства грунта**». Для пылеватых грунтов напротив позиции «**Пылеватость**» ставят флажок.

6.3 Конструирование первого варианта дорожной одежды

6.3.1 Задание варианта дорожной одежды и включение фильтров. В окне «**Проект конструкции дорожной одежды»** щелкают ЛКМ по позиции **«Вариант №1»** и в окне Инспектора объектов на закладке «**Материалы**» включают фильтры для выбора материалов конструкции. В блоке «**Фильтр по категориям дороги»** выбирают позицию **«Показать материалы для … категории**». В блоке «**Фильтр по климатическим зонам**» выбирают позицию **«Показать материалы для … зоны**». Далее раскрывают ветвь дерева **«Материалы конструктивных слоёв нежёстких дорожных одежд»,** выбирают материал первого слоя из раскрывающихся ветвей дерева, и, не отпуская ЛКМ, переносят его в окно с формируемой конструкцией дорожных одежд.

Также необходимо задать вид отображения материала на чертеже. В Инспекторе объектов заходят на ветвь «**Отображение на чертеже**». Напротив позиции «**Условные знаки**» ставят флажок. В строке «**Группа знаков**» выбирают значение «**Дорожная одежда по ГОСТ 21.207-97**» и соответствующий материал, например: «**Асфальтобетон мелкозернистый**» (см. рис. 6.1).

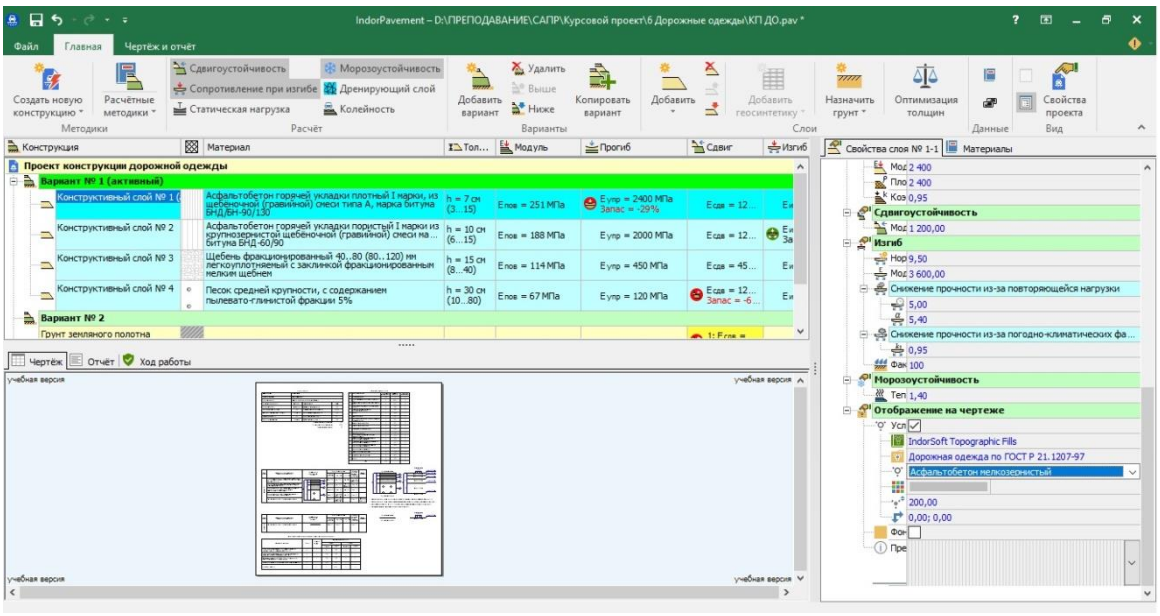

Рисунок 6.1 – Назначение отображения материала на чертеже

Если в конструкции два или три асфальтобетонных слоя, то условные обозначения для них назначаются в соответствии со схемой, показанной на рис. 6.2.

Для чёрного щебня выбирают обозначение «**Щебень и битум**». Материал для дополнительного слоя основания выбирают из группы «**Дополнительные слои основания**». При задании вида отображения материала на чертеже в строке «**Группа знаков**» выбирают значение «**Осадочные грунты**» и в этой группе соответствующий грунт, например: «**Песок крупный**».

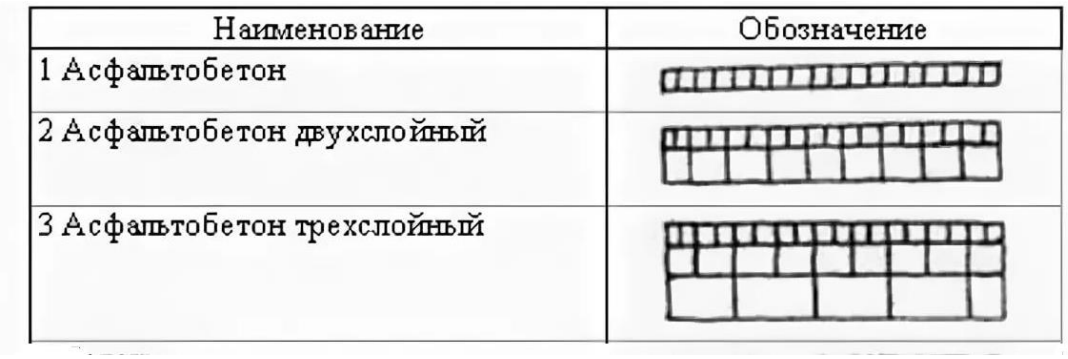

Рисунок 6.2 – Условные обозначения асфальтобетонных слоёв

Любой слой можно удалить из конструкции, если его выделить и нажать правую кнопку мыши. В появляющемся контекстном меню есть команда «**Удалить**».

После того, как все слои набраны можно варьировать толщинами слоёв. Для этого изменяемый слой в окне конструкции выделяют ЛКМ и заходят в окно Инспектора объектов на закладку «**Свойства слоя №…**».

6.4 Расчёты первого варианта дорожной одежды

Проведение расчётов заключается в подборе толщин слоёв и, возможно, в смене материалов слоёв. На рис. 6.3 показан промежуточный этап расчёта дорожной одежды.

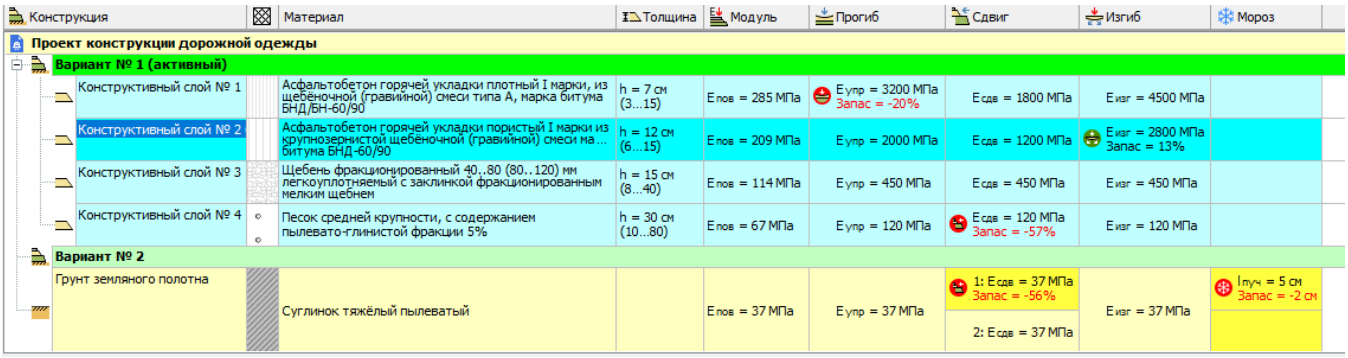

Рисунок 6.3 – Расчётная таблица проектирования дорожных одежд

В графе «**Модуль**» показан общий модуль упругости, имеющий место при такой конструкции дорожной одежды и заданной нагрузке в расчёте на упругий прогиб. В графе «**Прогиб**» указан модуль упругости материала, принимаемый для расчёта по упругому прогибу, и критерий расчёта по упругому прогибу на поверхности дорожной одежды (**Запас = -20 %**). Красный цвет показывает, что получившийся по расчётам общий модуль упругости на поверхности дорожной одежды меньше требуемого модуля упругости на 20%. Следовательно, нужно увеличивать толщины слоёв.

В графе «**Сдвиг**» даны модули упругости материалов, принимаемых в расчётах на сдвиг в грунте земляного полотна и малосвязных слоях дорожной одежды. «**Запас = -56 %**» в грунте земляного полотна и «**Запас = -57 %**» в дополнительном слое основания дорожной одежды говорит о том, что критерии прочности на сдвиг не выполнены на соответствующие значения.

В графе «**Изгиб**» приведены модули упругости материалов, принимаемых в расчётах на растяжение при изгибе в монолитных слоях. «**Запас = 13 %**» говорит о том, что критерий на нижней границе второго асфальтобетонного слоя выполняется, т.е. данная конструкция удовлетворяет критерию прочности при расчетах на изгиб в монолитных слоях.

В графе «**Мороз**» указана вычисленная величина пучения грунта. Красный цвет говорит о том, что она является меньше допустимой.

Таким образом, требуется дальнейшая корректировка толщин слоёв дорожной одежды.

6.5 Конструирование второго варианта дорожной одежды

Чтобы добавить второй вариант дорожной одежды, необходимо на закладке «**Главная**» активизировать команду «**Добавить вариант**». Любой вариант также можно удалить, выделив его ЛКМ и вызвав контекстное меню (правая кнопка мыши), и вызвав команду «**Удалить**».

6.6 Сравнение вариантов дорожной одежды по стоимости

Для сравнения вариантов дорожной одежды по стоимости следует для каждого слоя конструкции задать удельную стоимость материала. В позиции «Единица измерения материалоемкости» нужно задать единицу измерения, а в позиции «Удельная цена, тыс. руб/м^3» – расценку из документа ФССЦ 81-01-2001 «Федеральные сметные цены на материалы, изделия, конструкции и оборудование, применяемые в строительстве», книги 2 и 4. (рис. 6.4).

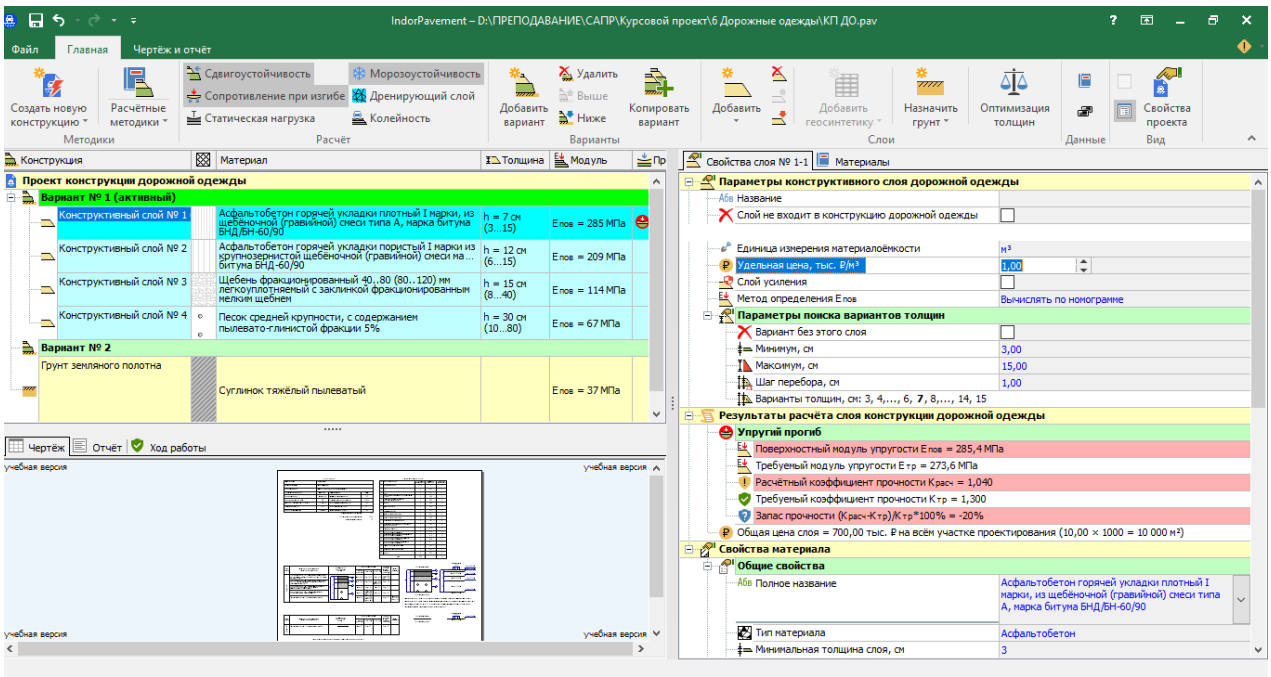

Рисунок 6.4 – Задание удельной стоимости материала

6.7 Формирование отчётных документов в программе IndorPavement

Программа формирует чертёж с результатами проектирования дорожной одежды и текстовый файл. Они показаны в специальном окне программы. Чтобы сформировать и распечатать чертёж необходимо перейти на закладку программы «**Чертёж и отчёт**».

В учебной версии программы доступен только краткий расчёт, поэтому выбирают позицию «**Краткий отчёт**», файл формата «**rtf**» в 9-й версии программы и «**word**» – в предыдущих версиях) и нажимают команду «**Экспорт**».

Чтобы осуществить экспорт чертежа из программы, сначала вызывают команду «**Настройки**». В появившемся окне следует увеличить размер шрифта – сделать его размером 3 мм. Если состав транспортного потока не вводился (т.е. в явном виде задавалось количество проездов $\sum N_{\text{р}}$), то в структуре чертежа следует убрать флажок напротив позиции «**Таблица состава транспортного потока**». После чего нажимают графическую кнопку <**OK**>. После этого экспортируют чертёж в файл чертежа программы IndorDraw: «**Чертёж и отчёт > Экспорт > В файл чертежа IndorDraw**». Это позволяет установить и заполнить штамп чертежа, добавить рамку, т.е. сделать полноценный чертёж.

6.8 Формирование чертежа в программе IndorDraw 9

6.8.1 Запуск программы IndorDraw 9. Девятую версию программы вызывают с рабочего стола компьютера по ярлыку и открывают в ней сохранённый файл чертежа дорожной одежды.

6.8.2 Задание размеров листа и рамки. Открывают вкладку «**Чертёж \ Параметры листа**». Для параметра «**Стандартные типы бумаги**» выбирают формат **«А2(594×420мм)»** и **альбомную ориентацию**. Далее, задают поля чертежа:

- 20 мм слева;
- 5 мм сверху, снизу и справа.

6.8.3 Создание штампа чертежа. Штамп строится по стандарту СПДС (*системе проектной документации для строительства*), ГОСТ Р 21 1101. Открывают вкладку **«Добавить»** и выбирают «**Штамп основного комплекта чертежей**».

Чтобы сделать записи в штампе, вызывают команду **«Заполнить поля»** и заполняют по образцу (рис. 6.5).

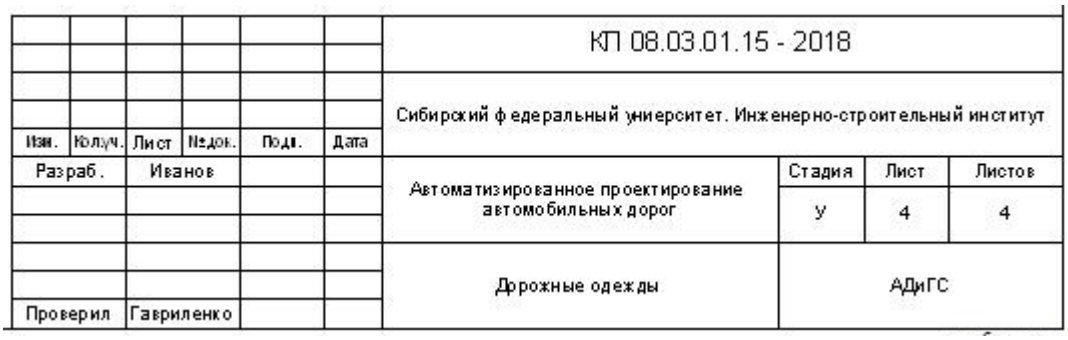

Рисунок 6.5 – Образец заполнения штампа

Далее заполненный штамп сохраняют – нажимают пиктограмму **«Сохранить как»** (в правом верхнем углу экрана) и сохраняют штамп в своей папке под именем, например: **«Штамп для дорожных одежд».**

Если по каким-то причинам штамп нужно удалить, то следует вызвать Диспетчер слоёв (закладка «**Вид > Диспетчер слоёв**»), и в ветви дерева «**Штампы**» поставить переключатель на позицию «**Нет**».

Созданный штамп можно редактировать (например, менять тип и размер шрифта). Для этого нужно вызвать команду «**Редактор шаблона**» и в нём имя файла с редактируемым штампом.

6.8.4 Расположение чертежа на листе. Элементы чертежа можно передвигать в пределах листа, если выделить объекты мышкой (выделенные объекты подсветятся жёлтым цветом) и, не отпуская левой кнопки мыши, подвинуть таблицы вниз, если они выходят за пределы чертежа. Если нужно сдвинуть элементы чертежа на заданное расстояние, то сначала выделяют группу смещаемых объектов мышью. Для подсвеченных объектов в окне Инспектора объектов (Закладка **«Вид > Инспектор объектов»**) следует перейти на закладку «**Преобразование**» и на ветви дерева «**Преобразование фигур / Сдвиг**» указать величину смещения по направлению X или Y. Чтобы переместить фигуры влево или вниз, величину перемещения указывают со знаком «минус». Также следует нажать графическую кнопку <**Сдвинуть**>.

После того, как чертёж будет отредактирован, т.е. все элементы попадают в поле листа и заполнен штамп, следует нажать на графические кнопки <**Применить**> и <**ОК**>.

6.8.5 Экспорт чертежа в файл изображения. Активируют закладку **«Данные > Экспорт > В файл изображения».** На закладке «**Файл**» необходимо:

- выбрать в окне папку и задать имя экспортируемого файла;
- формат файла: «**JPEG – Joint Photographic Experts Group (*.jpg)»**;
- масштаб: **1:1**;
- разрешение: **300dpi**.

На закладке «**Область экспорта**» выбирают <**По размеру листа**>. После этого нажимают на графическую кнопку **<Экспорт>**.

Источники информации

1. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., 2011. – 287 с.

2. Федотов, Г.А. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. В 2-х кн. Кн. 1: Учебник / Г.А. Федотов, П.И. Поспелов. – М.: Высш. шк., 2009. – 646 с.

3. Конструкции трубы [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://stroy-server.ru/notes/svedeniya-o-konstruktsiyakh-vodopropusknykh-trub-i-malykh-mostov

4. Современные технологии в проектировании автомобильных дорог: учебно-методическое пособие / Т.В. Гавриленко, Т.А. Фёдорова – Изд-во СФУ, 2018 (в печати).

5. Система проектирования IndorCAD. Построение, обработка и анализ цифровой модели местности: Руководство пользователя / И.В. Кривых, В.Н. Бойков, Д.А. Петренко, А.В. Скворцов, Н.С. Мирза. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2008. – 300 с.

6. Система проектирования IndorCAD. Проектирование автомобильных дорог: Руководство пользователя / И.В. Кривых, В.Н. Бойков, Д.А. Петренко, А.В. Скворцов, Н.С. Мирза, А.В. Перфильев – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2008. – 250 с.

7. Официальный сайт компании IndorSoft http://www.indorsoft.ru [электронный ресурс].

8. ОДН 218.046-01 Отраслевые дорожные нормы. Проектирование нежёстких дорожных одежд. – М, 2001. – 99 с.

9. ГОСТ 32960-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчётные схемы нагружения / М.: ФГУП «Стандартинформ», 2016. – 8 с.

10. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* / Мин-во регионального развития Российской Федерации. – М., 2013. – 139 с.