
**Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации**

**Федеральное автономное учреждение
«Федеральный центр нормирования, стандартизации
и оценки соответствия в строительстве»**

Методическое пособие

**КЛАССИФИКАЦИЯ И КОДИРОВАНИЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ
ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

Москва 2024

Содержание

Содержание	2
Введение	4
1 Область применения	4
2 Нормативные ссылки и сокращения.....	5
3 Термины и определения.....	7
3.1 Общие термины	7
3.2 Базовые категории строительной информации	9
3.3 Классы строительной информации.....	9
3.4 Кодовые обозначения.....	12
4 Классификация и кодирование ИМ линейных ОКС.....	13
4.1 Описание тестовой ЦИМ.....	14
4.2 Последовательность процесса классификации и кодирования	19
4.2.1 Формирование структуры ЦИМ (декомпозиция на системы и подсистемы)	24
4.2.2 Формирование перечня атрибутов для элементов модели.....	28
4.2.3 Выбор аспектов представления системы	31
4.2.4 Атрибутивное наполнение элементов ЦИМ.....	34
4.2.5 Формирование одноуровневых кодовых обозначений элементов	36
4.2.6 Формирование многоуровневых кодовых обозначений элементов	40
4.2.7 Формирование составных кодов элементов	46
Приложение А. Системная декомпозиция тестовой ЦИМ.....	49
Приложение Б. Примеры практического применения системы кодирования КСИ	58
Б.1 Формирование пользовательских запросов.....	59
Б.2 Получение количественных показателей ЦИМ	60
Б.2.1 Получение количественных показателей ЦИМ из БД « <i>CADLib</i> Модель и Архив»	60
Б.2.2 Получение количественных показателей ЦИМ в « <i>CADLib</i> Модель и Архив»	62
Б.2.3 Получение количественных показателей ЦИМ в <i>Autodesk Navisworks</i>	64
Б.3 Структурирование данных ЦИМ	65
Б.3.1 Формирование структуры представления в « <i>CADLib</i> Модель и Архив»	66
Б.3.2 Формирование структуры представления в <i>Autodesk Navisworks</i>	67
Б.4 Проверка ЦИМ на нормативные требования	68
Б.4.1 Проверка величины заделки головы сваи	70

Б.4.2 Проверка марки стали для балок барьерного ограждения	72
Б.4.3 Проверка класса бетона для ЖБ плит пролетного строения.....	74
Приложение Г. Примеры классификации и кодирования элементов ЦИМ линейных ОКС.....	76
Список использованных источников	81

Введение

Настоящее методическое пособие содержит разъяснения по применению классификатора строительной информации для задач классификации и кодирования элементов информационных моделей линейных объектов капитального строительства и является дополнением к методическому пособию «Классификация и кодирование информационных моделей объектов капитального строительства. Основные положения» [1].

Методическое пособие разработано авторским коллективом Общества с ограниченной ответственностью «Научно-инженерный центр цифровизации и проектирования в строительстве» (ООО «НИЦ ЦПС») под руководством В.А. Волкодава. Авторский коллектив разработчиков настоящего пособия выражает благодарность за содействие в разработке, консультировании и технической поддержке следующим коллегам:

- Ирина Щеканова (ООО «ИЦ «МиТ»/ГКУ «УДМС»);
- Андрей Шишков (АО «Союздорпроект»);
- Артур Штенделис (ООО «ИЦ «МиТ»/АО «Союздорпроект»);
- Дмитрий Пархоменко (ФАУ «ФЦС»);
- Ренат Кольцов (ФАУ «ФЦС»);
- Денис Петренко (ООО «ИндорСофт»);
- Максим Овчинников (НПФ «Топоматик»);
- Алексей Аниськин (ООО «Газпром проектирование»);
- Игорь Рогачев (ОАО «РЖД»);
- Мария Субботина (АО «СиСофт Разработка»).

1 Область применения

Настоящее методическое пособие предназначено для специалистов в области автоматизации процессов проектирования, разработки САПР и информационного моделирования в строительстве.

Положения настоящего пособия могут рассматриваться разработчиками ПО в качестве методического обеспечения при разработке специализированных программных решений ориентированных на автоматизацию процессов классификации и кодирования

(декодирования) информационной составляющей элементов ЦИМ с применением классификатора строительной информации. Положения настоящего пособия не должны рассматриваться в качестве инструкций для процесса ручного¹ кодирования ЦИМ.

Для профильных специалистов в области инженерных изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации ОКС данное пособие носит справочный характер и может применяться в качестве дополнительных методических материалов при работе с ИМ ОКС в части реализации сценариев применения ЦИМ (приложение Б), закодированных при помощи КСИ.

Представленная в настоящем пособии методика классификации и кодирования является универсальной, не зависит от используемого программного обеспечения и может быть применена в различных программных продуктах, ориентированных на разработку цифровых информационных моделей объектов капитального строительства.

2 Нормативные ссылки и сокращения

В настоящем методическом пособии использованы ссылки на следующие документы:

- 1) ГОСТ Р 58908.1–2020 (ИСО 81346-1:2009) «Промышленные системы, установки, оборудование и промышленная продукция. Принципы структурирования и коды. Часть 1. Основные правила»;
- 2) ГОСТ Р 58908.12–2020 (ИСО 81346-12:2018) «Промышленные системы, установки, оборудование и промышленная продукция. Принципы структурирования и коды. Часть 12. Объекты капитального строительства и системы инженерно-технического обеспечения»;
- 3) СП 24.13330.2021 «СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты»;
- 4) ГОСТ 26804-2012 «Ограждения дорожные металлические барьерного типа. Технические условия»;
- 5) СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы».

¹ Под процессом «ручного» кодирования подразумевается кодирование элементов ЦИМ без применения специализированных программных решений (программных расширений, плагинов, пользовательских скриптов и прочее), позволяющих формировать и присваивать элементам модели кодовые обозначения автоматизированным или полу- автоматизированными способами.

В настоящем методическом пособии использованы следующие сокращения:

АР	– архитектурные решения;
БД	– база данных;
ВК	– водоснабжение и канализация;
ИМ	– информационная модель;
КиК	– классификация и кодирование;
КР	– конструктивные решения;
ОКС	– объект капитального строительства.
САПР	– система автоматизированного проектирования;
ПО	– программное обеспечение;
ЦИМ	– цифровая информационная модель;
<i>БЕР</i>	– <i>BIM execution plan</i> ;
<i>BPMN</i>	– <i>business process management notification</i> ;
<i>EIR</i>	– <i>employer information requirements</i> ;
<i>SSMS</i>	– <i>SQL Server Management Studio</i> .

3 Термины и определения

В настоящем методическом пособии применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 Общие термины

3.1.1

атрибут: Элемент данных для машиночитаемого описания *свойства* (3.1.6), отношения или *класса* (3.1.2).

[ГОСТ Р ИСО 22274-2016]

П р и м е ч а н и е – Для целей настоящего раздела термины, примененные в тексте терминологических статей, выделены курсивом с указанием после такого термина в скобках номера соответствующей терминологической статьи

3.1.2

класс: Описание совокупности *объектов* (3.1.7), обладающих одинаковыми *характеристиками* (3.2.4).

[ГОСТ Р ИСО 22274-2016]

3.1.3

классификация: Процесс отнесения *объектов* (3.1.7) к определенным *классам* (3.1.2) в соответствии с критериями.

[ГОСТ Р ИСО 22274-2016]

3.1.4

система классификации: Построенный по известному множеству правил систематизированный набор *классов* (3.1.2), в которые могут группироваться *объекты* (3.1.7).

[ГОСТ Р ИСО 22274-2016]

3.1.5

уровень: Значение количественной величины, отсчитываемое по отношению к некоторому опорному значению.

[ГОСТ Р ИСО 22274-2016]

3.1.6

свойство: Конкретная *характеристика* (3.2.4), подходящая для описания и разграничения *объектов* (3.1.7) в рамках *класса* (3.1.2).

[ГОСТ Р ИСО 22274-2016]

3.1.7

объект: Любая часть воспринимаемого или воображаемого мира.
[ГОСТ Р 10.0.05-2019/ИСО 12006-2:2015]

3.1.8

система: Совокупность взаимосвязанных *объектов* (3.1.7), отделенных от окружающей среды и рассматриваемых в определенном контексте как единое целое.
[ГОСТ Р 58908.1–2020 (ИСО 81346-1:2009)]

3.1.9 **классификатор строительной информации;** КСИ: Информационный ресурс, распределяющий информацию об *объектах капитального строительства* (3.3.4) и ассоциированную с ними *информацию* (3.3.14) в соответствии с ее *классификацией* (3.1.3).

3.1.10

функция: Предполагаемая или выполненная цель или задача.
[ГОСТ Р 58908.1–2020 (ИСО 81346-1:2009)]

3.1.11

аспект: Определенный способ рассмотрения *объекта* (3.1.7).
[ГОСТ Р 58908.1–2020 (ИСО 81346-1:2009)]

3.1.12

местоположение: Предполагаемое или занятое *пространство* (3.3.1).
[ГОСТ Р 58908.1–2020 (ИСО 81346-1:2009)]

3.1.13

структура: Организация отношений между *объектами* (3.1.7) *системы* (3.1.8), которая может быть описана посредством отношений *часть/целое* (состоит из/является частью).
[ГОСТ Р 58908.1–2020 (ИСО 81346-1:2009)]

3.1.14 **вход:** Совокупность *объектов* (3.1.7), необходимых для реализации *процесса* (3.2.1).

3.1.15 **выход:** Совокупность *объектов* (3.1.7), являющихся результатом реализации *процесса* (3.2.1).

3.1.16 **отношение:** Единица информации, описывающая взаимодействие между элементами.

3.2 Базовые категории строительной информации

3.2.1

процесс: Совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих видов деятельности, преобразующих *входы* (3.1.14) в *выходы* (3.1.15).

[ГОСТ ISO 9000-2011]

3.2.2 **ресурс:** *Объект* (3.1.7), который используется или потребляется в ходе выполнения *процесса* (3.2.1).

3.2.3 **результат:** Представление итогов *процесса* (3.2.1) по типу вида деятельности и используемых *ресурсов* (3.2.2).

3.2.4

характеристика: Отличительное *свойство* (3.1.6).

[ГОСТ Р ИСО 22274-2016]

3.2.6 **категория строительной информации:** Высокоуровневый класс строительной информации, являющийся родительским для набора отдельных классов строительной информации.

3.3 Классы строительной информации

3.3.1

пространство: Ограниченный трехмерный объем, определяемый физически или теоретически.

[ГОСТ Р 10.0.05-2019/ИСО 12006-2:2015]

3.3.2 **помещение:** *Пространство* (3.3.1) в здании, ограниченное строительными конструкциями.

3.3.3

зона: *Пространство* (3.3.1) или пространства, предназначенные для выполнения определенной *функции* (3.1.10).

[ГОСТ Р 10.0.05-2019/ИСО 12006-2:2015]

3.3.4 **объект (капитального) строительства:** Здание, строение, сооружение, объект незавершенного строительства, за исключением некапитальных строений, сооружений и неотделимых улучшений земельного участка.

3.3.5 **комплекс объектов (капитального) строительства:** Совокупность одного или более *объектов (капитального) строительства* (3.3.4), предназначенных для обеспечения выполнения минимум одной *функции* (3.1.10) или вида деятельности.

3.3.6

строительный элемент: Составляющая часть какого-либо объекта строительства, имеющая характерную *функцию* (3.1.10), форму или расположение.

[ГОСТ Р 10.0.05-2019/ИСО 12006-2:2015]

3.3.7

функциональная система: *Объект* (3.1.7) с *характеристиками* (3.2.4), которые преимущественно представляют собой общую неотъемлемую функцию.

[ГОСТ Р 58908.12–2020 (ИСО 81346-12:2018)]

3.3.8

техническая система: Объект, обладающий определенными характеристиками, который, как правило, представляет собой согласованное техническое решение и имеет определенное функциональное назначение.

[ГОСТ Р 58908.12–2020 (ИСО 81346-12:2018)]

3.3.9

компонент: Продукт (изделие), используемый в качестве составной части собранного продукта (изделия), системы или установки.

[ГОСТ Р 58908.12–2020 (ИСО 81346-12:2018)]

3.3.10

строительное изделие: Изделие, предназначенное для применения в качестве элемента зданий, сооружений и строительных конструкций.

[ГОСТ 21.501–2018, пункт 3.6]

3.3.11

строительный материал: Материал, в т. ч. штучный, предназначенный для изготовления строительных изделий и возведения строительных конструкций зданий и сооружений.

[ГОСТ 21.501–2018, пункт 3.8]

3.3.12

вспомогательный строительный ресурс: Строительный ресурс, предназначенный для оказания помощи в строительном процессе.

[ГОСТ Р 10.0.05-2019/ИСО 12006-2:2015]

3.3.13 **трудовой ресурс:** Участник строительного процесса.

3.3.14

информация: Сведения о фактах, концепциях, объектах, событиях и идеях, которые в данном контексте имеют вполне определенное значение.

[ГОСТ 15971–90, приложение]

3.3.15

управление процессом: Скоординированная деятельность по контролю и управлению *процессом* (3.2.1).

[ГОСТ Р ИСО 3534-2–2019]

3.3.16 стадия жизненного цикла объекта капитального строительства: Период жизненного цикла объекта капитального строительства, характеризующий его определенным состоянием.

3.3.17 процесс инженерных изысканий: *Процесс* (3.2.1) комплексного изучения природных и техногенных условий места размещения объекта строительства, сбор материалов, необходимых для принятия обоснованных проектных решений.

3.3.18 процесс проектирования: *Процесс* (3.2.1) создания информации, необходимой для реализации *процессов* (3.2.1) строительства, эксплуатации, капитального ремонта и сноса здания или сооружения.

3.3.19 процесс строительства: *Процесс* (3.2.1), направленный на создание нового *объекта строительства* (3.3.4).

3.3.20 процесс эксплуатации: *Процесс* (3.2.1) технической эксплуатации, заключающийся в поддержании технически исправного состояния строительной части объекта капитального строительства (3.3.4).

3.3.21 процесс реконструкции: *Процесс* (3.2.1), направленный на изменение основных технико-экономических показателей *объекта строительства* (3.3.4) или его назначения.

3.3.22 процесс капитального ремонта: *Процесс* (3.2.1), направленный на восстановление эксплуатационных показателей *объекта строительства* (3.3.4) и/или его строительных элементов.

3.3.23 процесс сноса здания или сооружения: *Процесс* (3.2.1), направленный на ликвидацию *объекта строительства* (3.3.4).

3.4 Кодовые обозначения

3.4.1

идентификатор: *Атрибут* (3.1.1), связанный с *объектом* (3.1.7) и предназначенный для того, чтобы отделить его от других объектов в определенном домене.

[ГОСТ Р 58908.1–2020 (ИСО 81346-1:2009)]

3.4.2

кодовое обозначение: *Идентификатор* (3.4.1) конкретного *объекта* (3.1.7), сформированного в соответствии с требованиями к *системе* (3.1.8), в которой объект является составным с точки зрения одного или нескольких *аспектов* (3.1.11) этой системы.

[ГОСТ Р 58908.1–2020 (ИСО 81346-1:2009)]

3.4.3

одноуровневое кодовое обозначение: *Кодовое обозначение* (3.4.2), присваиваемое с учетом объекта, частью которого является рассматриваемый компонентный объект в определенном *аспекте* (3.1.11).

[ГОСТ Р 58908.1–2020 (ИСО 81346-1:2009)]

3.4.4

многоуровневое кодовое обозначение: *Кодовое обозначение* (3.4.2), состоящее из объединенных *одноуровневых кодовых обозначений* (3.4.3).

[ГОСТ Р 58908.1–2020 (ИСО 81346-1:2009)]

4 Классификация и кодирование ИМ линейных ОКС

Данный раздел методического пособия описывает полный процесс классификации и кодирования элементов ЦИМ линейных ОКС.

Описание процесса разделено на отдельные этапы (рисунок 4.2.1), для каждого из этапов процесса КиК приведены соответствующие схемы, инструкции, представлены примеры по их реализации для отдельных фрагментов тестовой ЦИМ и даны рекомендации по возможным способам автоматизации отдельных задач этапа. Атрибутивная информация рассматриваемых элементов ЦИМ приводится в табличной форме, согласно рисунку 4.1.

КСИ Составной код#XNKC0004	
КСИ Код класса#XNKC0001	
КСИ Наименование класса#XNKC0002	
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	
КСИ Функциональный код#XNKF0001	
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	
КСИ Код продукта#XNKP0001	
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	
КСИ Осевая привязка#XNKL0003	
КСИ Код типа класса#XNKT0001	
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	
...	



Рисунок 4.1 – Форма отображения атрибутивной информации для произвольного элемента ЦИМ

Для удобства восприятия информации, рекомендации общего характера и рекомендации по автоматизации отдельных задач, выделены курсивом и заключены в специальные текстовые блоки с соответствующими графическими обозначениями и имеют следующий вид:



Пример рекомендации общего характера: при кодировании элементов ЦИМ, следует использовать последнюю версию классификатора строительной информации.



Пример рекомендации по автоматизации: для быстрого выбора в модели элементов одного класса (по КСИ), рекомендуется использование встроенного функционала среды проектирования («Выбрать все экземпляры класса», «Выбрать подобные» и проч.).

4.1 Описание тестовой ЦИМ

В качестве тестовой ЦИМ² использована модель разворотного съезда (рисунки 4.1.1-3) участка автомобильной дороги Киевского шоссе, расположенного на территории Московской области.

Модель разработана компанией ООО «ИЦ «МиТ». ЦИМ тестовой модели имеет файловую структуру представления и состоит из отдельных подмоделей, разработанных в различных программных продуктах³ и экспортированных в формат *IFC*.

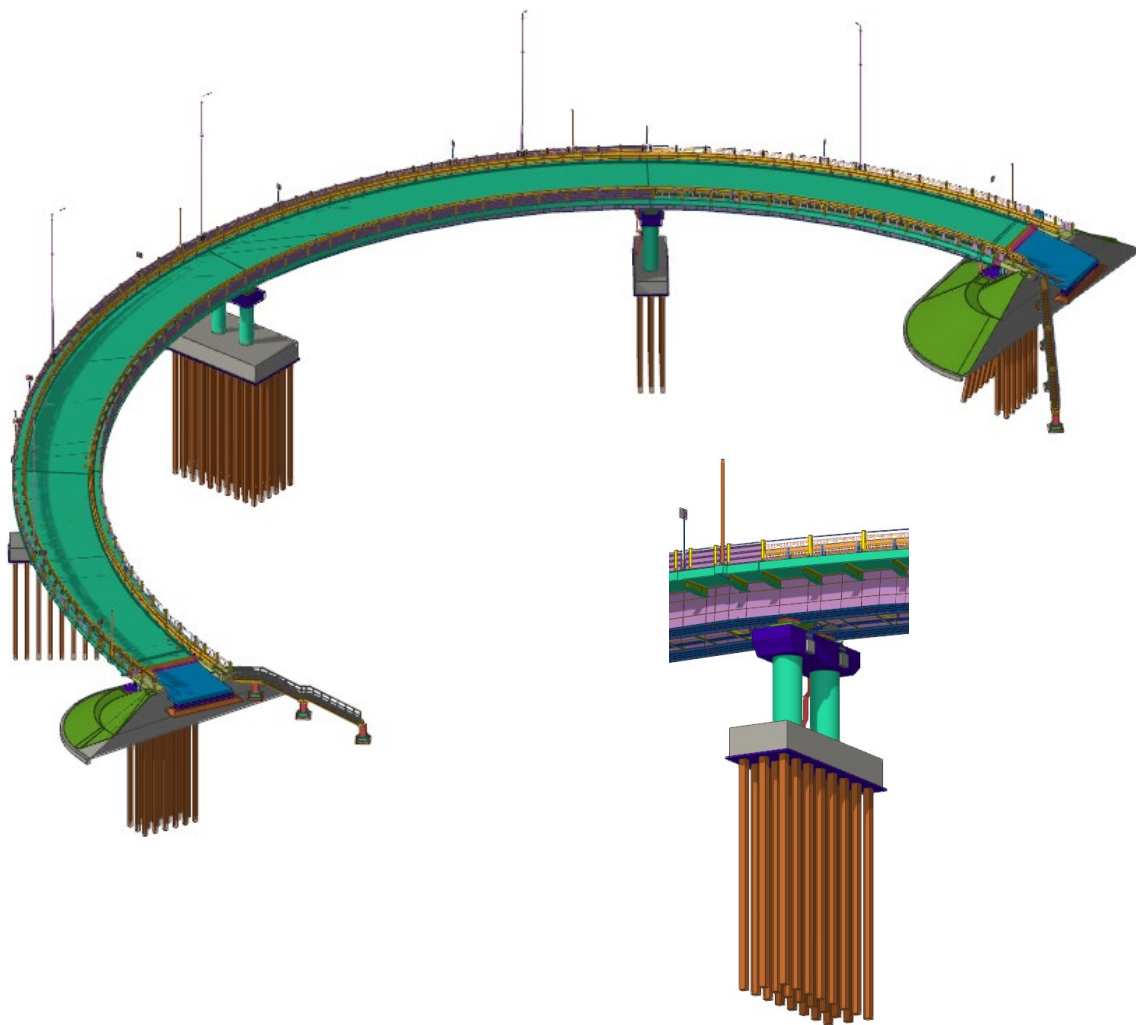


Рисунок 4.1.1 – Общий 3D-вид и фрагмент сводной модели разворотного съезда тестовой ЦИМ

² Тестовая ЦИМ представлена в формате *IFC*.

³ Сводная тестовая ЦИМ была собрана из набора файлов *IFC*, экспортированных из Топоматик *Robur*, *IndorCAD Road*, *Allplan 2024* и *Tekla Structures*.

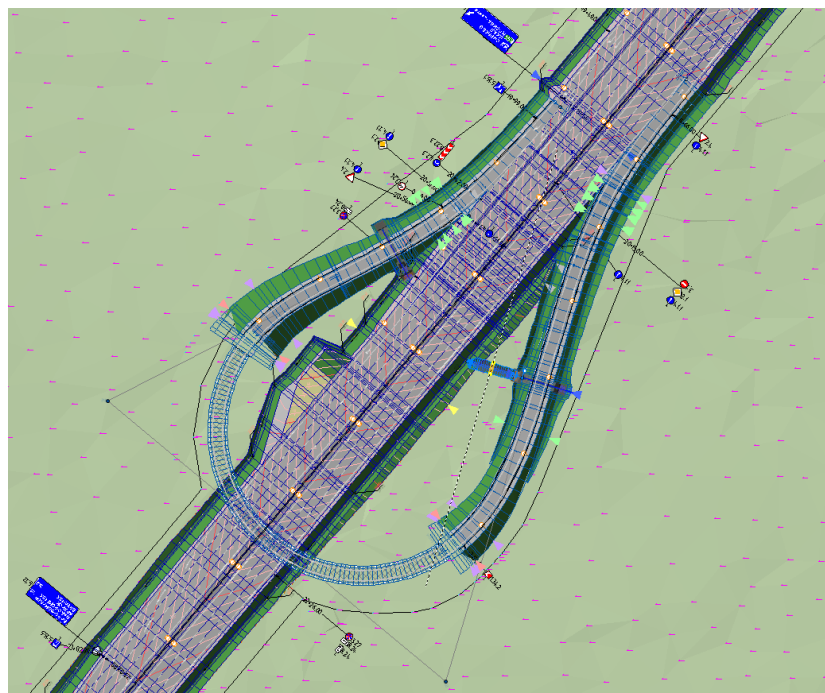


Рисунок 4.1.2 – Фрагмент тестовой ЦИМ в *IndorCAD Road*

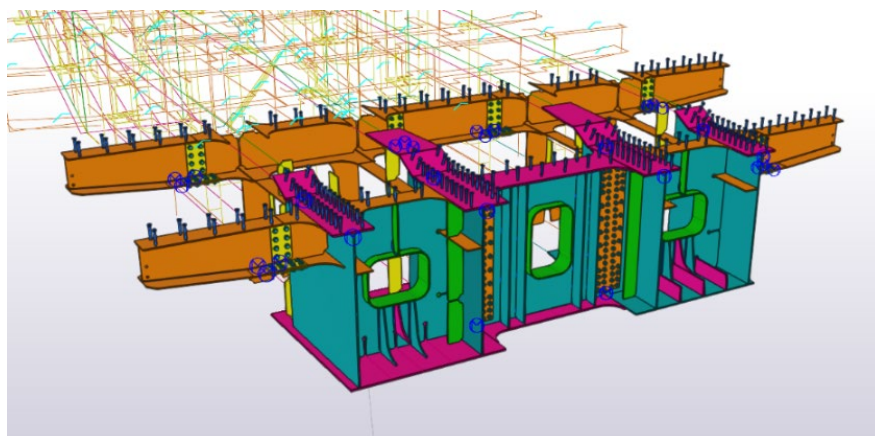
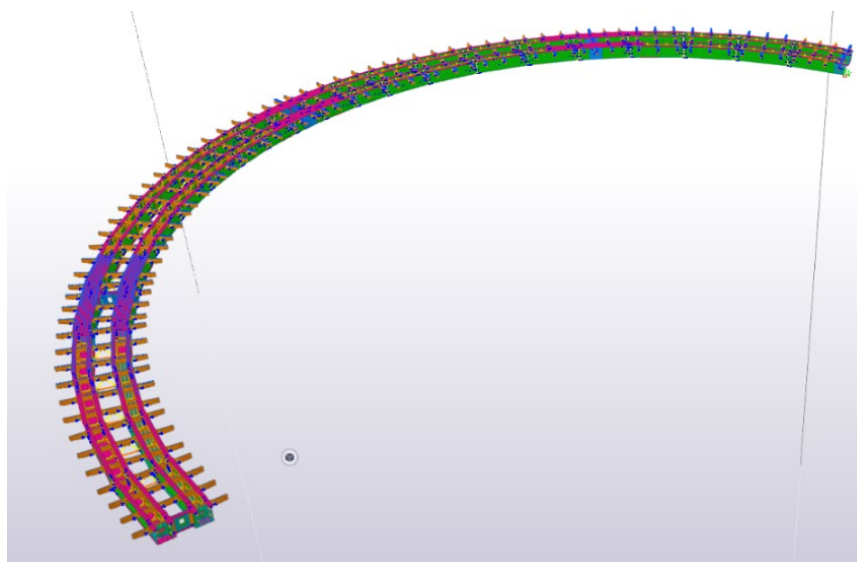


Рисунок 4.1.3 – Несущий каркас пролетного строения тестовой ЦИМ в *Tekla Structures*

В качестве демонстрационных примеров по классификации и кодированию, из состава отдельных технических систем выделены следующие элементы ЦИМ (см. рисунки 4.1.4-9):

- железобетонная свая промежуточной опоры;
- дорожный знак;
- балка барьерного ограждения;
- опора наружного освещения;
- железобетонная плита пролетного строения;
- дорожная одежда проезжей части.

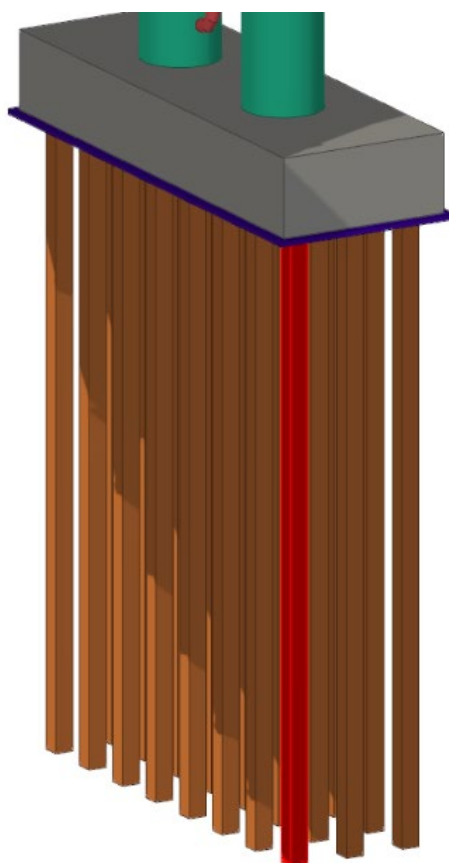


Рисунок 4.1.4 –Элемент ЦИМ «железобетонная свая промежуточной опоры»

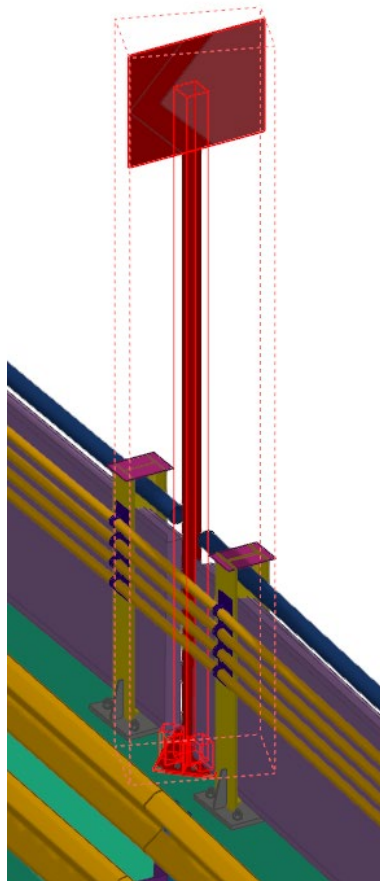


Рисунок 4.1.5 –Элемент ЦИМ «дорожный знак»

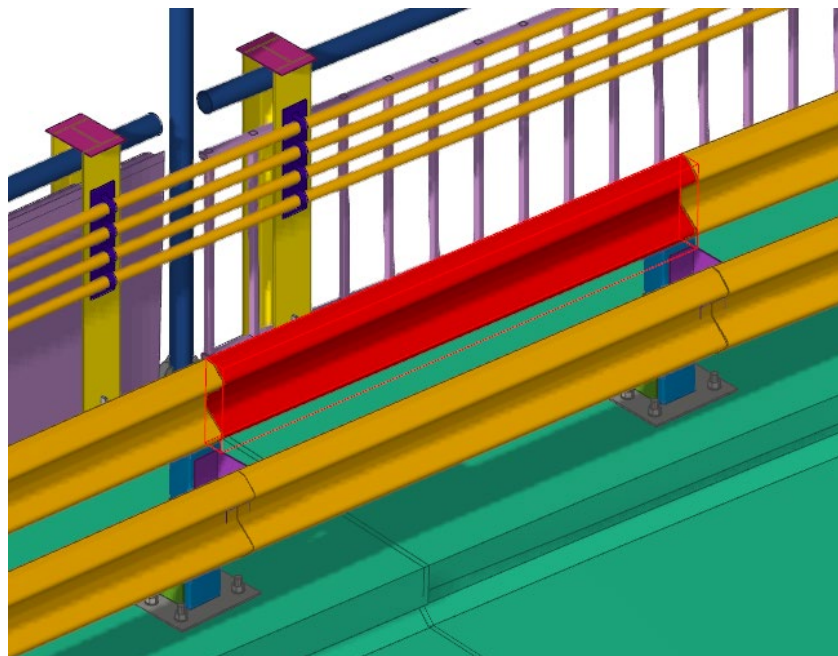


Рисунок 4.1.6 –Элемент ЦИМ «балка дорожного ограждения»

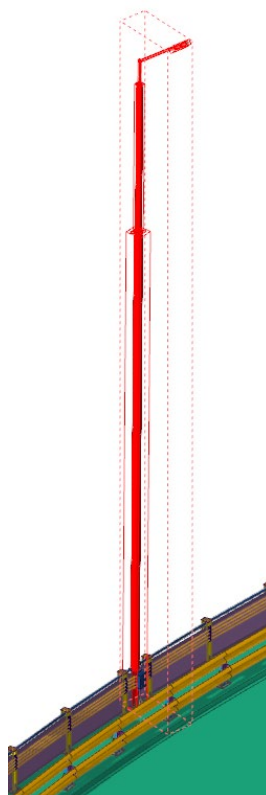


Рисунок 4.1.7 –Элемент ЦИМ «опора наружного освещения»⁴

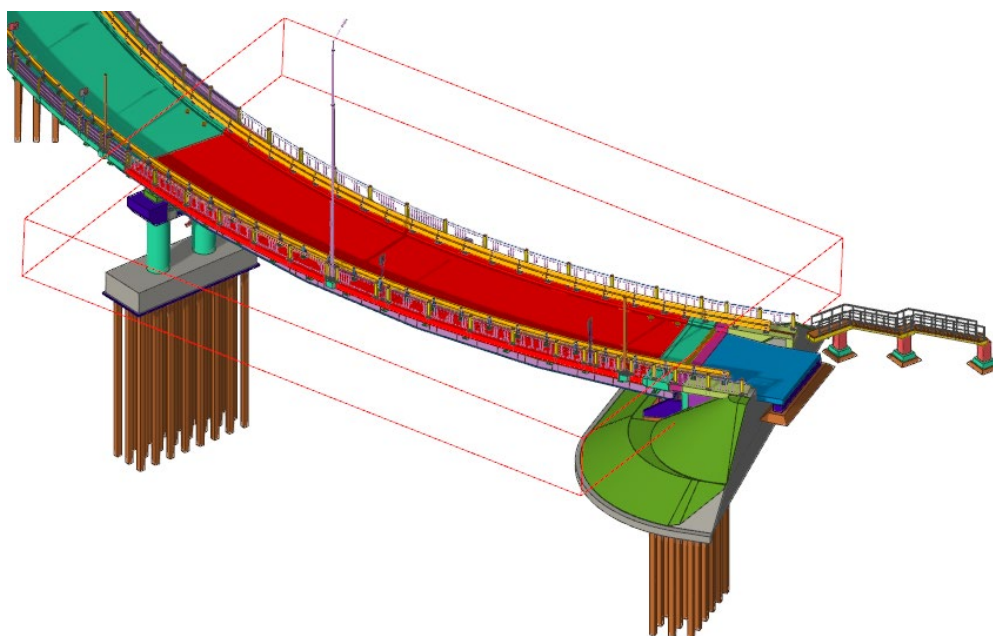


Рисунок 4.1.8 –Элемент ЦИМ «железобетонная плита пролетного строения»

⁴ В тестовой ЦИМ опора наружного освещения замоделирована отдельными компонентами (опоры освещения, опорная пластина, болтовые соединения и т.п.). В данном примере опора наружного освещения рассматривается как отдельный составной компонент.

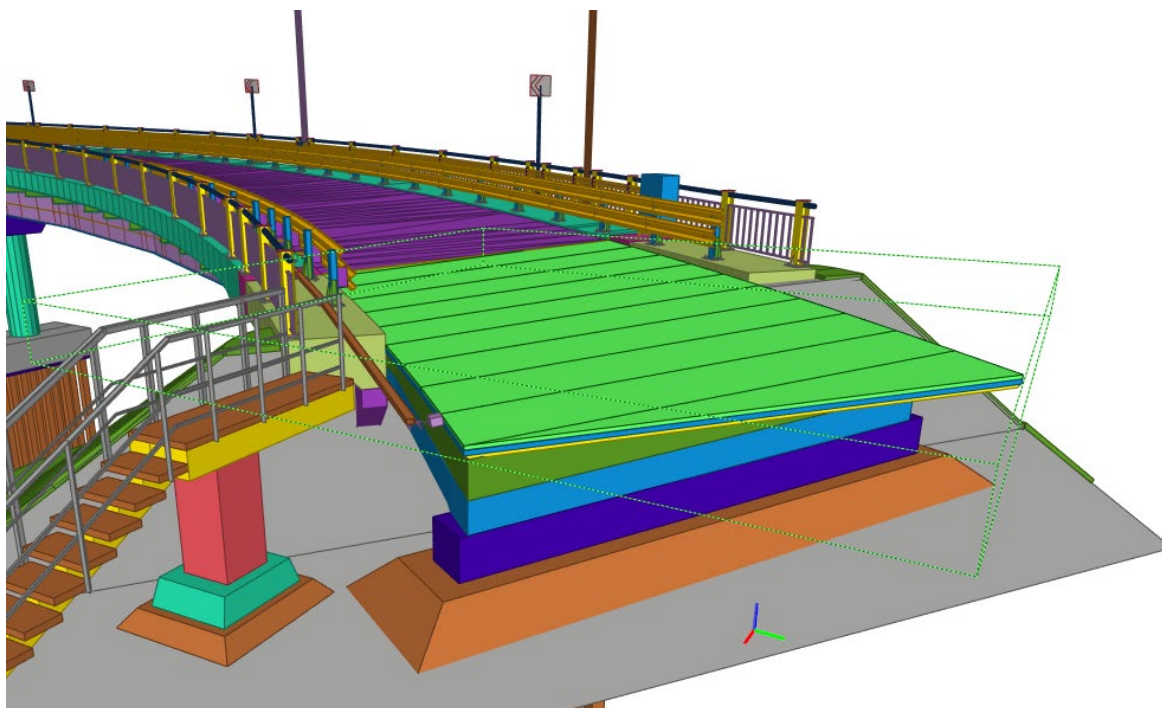


Рисунок 4.1.9 –Элемент ЦИМ «дорожная одежда»

4.2 Последовательность процесса классификации и кодирования

На рисунке 4.2.1 представлена общая схема процесса классификации и кодирования элементов ЦИМ. На схеме обозначены отдельные этапы процесса (верхняя дорожка «Процесс КиК») и соответствующие им артефакты – документы или источники данных (нижняя дорожка «Информационные источники»)⁵. Все артефакты сгруппированы в три тематические группы: требования к ЦИМ, КСИ и пользовательская документация по КиК. Для этапов процесса КиК, которые могут быть полностью автоматизированы (все задачи этапа могут быть реализованы без участия пользователя), назначены соответствующие значки автоматизации (иконки в виде шестеренок).

Представленная схема процесса классификации и кодирования является универсальной и может применяться как для способа кодирования «сверху-вниз», так и способа «снизу-вверх»⁶.

⁵ Исчерпывающее описание элементов нотации *BPMN 2.0* приведено в [5].

⁶ Более подробная информация о способах кодирования элементов ЦИМ изложена в методическом пособии [1].

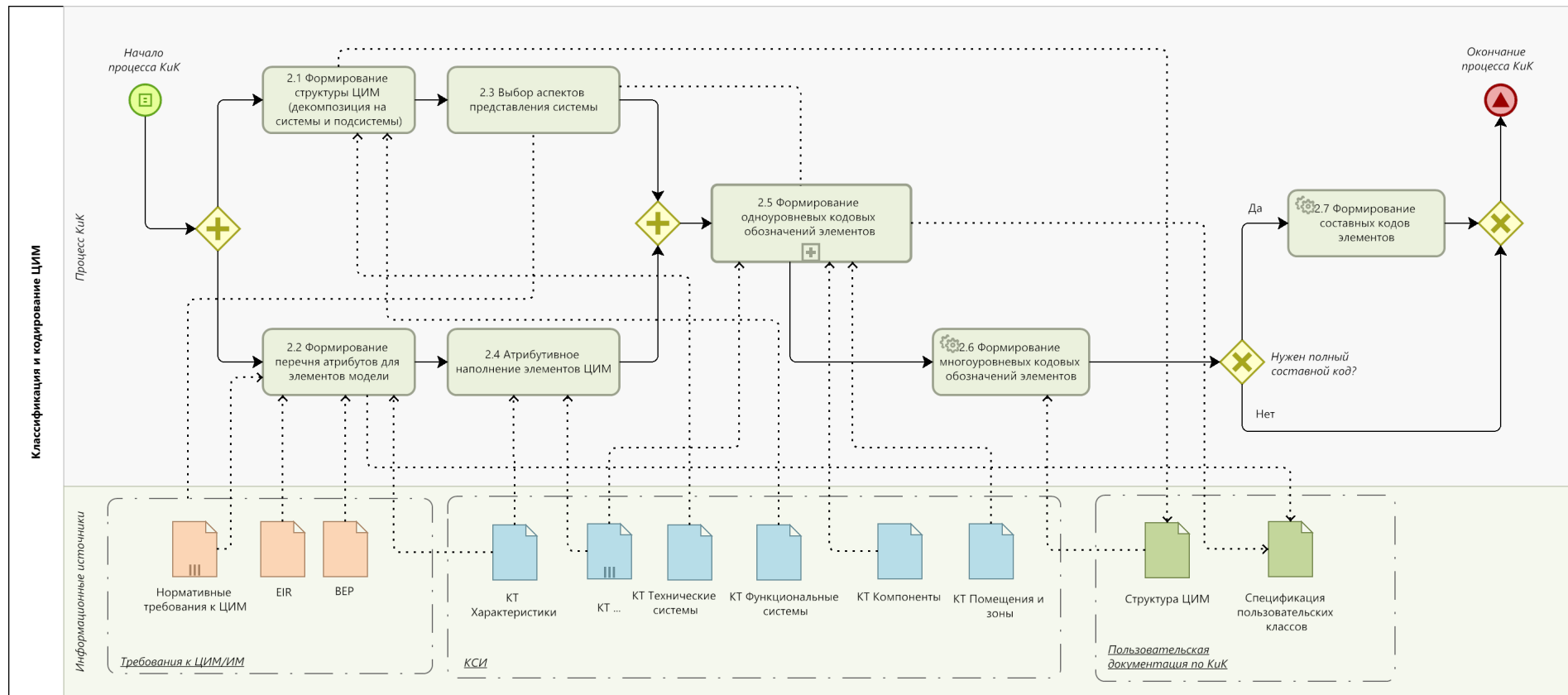
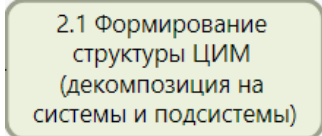
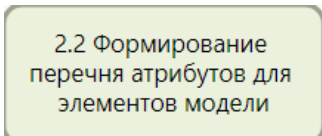
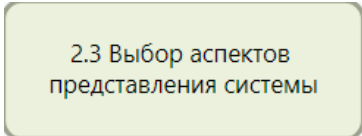
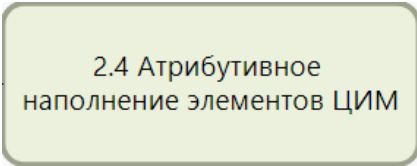
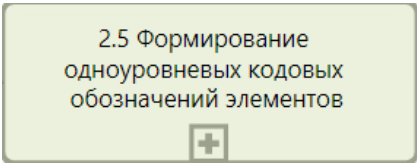
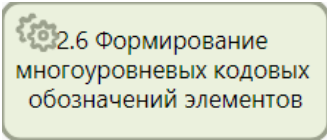
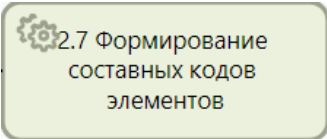


Рисунок 4.2.1 – Общая схема процесса классификации и кодирования ЦИМ (формат BPMN 2.0)

В таблице 4.2.1 представлены описания для каждого из этапов процесса, соответствующих им артефактов и даны краткие рекомендации по степени возможной автоматизации (частичной или полной).

Таблица 4.2.1 – Описание основных этапов процесса КиК

№ этапа	Этап / артефакт процесса	Раздел МП	Описание, входы/выходы процесса, возможная степень автоматизации
-	<i>Начало процесса КиК</i> 	-	Начало процесса классификации и кодирования элементов ЦИМ.
2.1		п. 4.2.1	Первый этап процесса КиК, в ходе которого разрабатывается древовидная структура представления ЦИМ, используемая впоследствии для формирования многоуровневых кодовых обозначений (этап 2.6 процесса). <i>Входы:</i> КТ Функциональные системы, КТ Технические системы <i>Выходы:</i> Структура ЦИМ <i>Автоматизация:</i> частичная, за счёт применения готовых шаблонов системной декомпозиции.
2.2		п. 4.2.2	Этап процесса КиК, в ходе которого формируется сводный перечень необходимых для заполнения атрибутов элементов. <i>Входы:</i> Нормативные требования к ЦИМ, EIR, ВЕР, КТ Характеристики <i>Выходы:</i> Спецификация пользовательских классов. <i>Автоматизация:</i> частичная, за счёт преднастроенных списков атрибутов с привязкой к группам элементов.
2.3		п. 4.2.3	Этап, по результатам которого производится определение требуемого количества аспектов кодирования для различных групп элементов ЦИМ (применяется в рамках этапа 2.5). <i>Входы:</i> группа требований к ЦИМ/ИМ. <i>Автоматизация:</i> частичная, за счёт применения готовых шаблонов системной декомпозиции модели (этап 2.1) и преднастроенных списков атрибутов (этап 2.2).

№ этапа	Этап / артефакт процесса	Раздел МП	Описание, входы/выходы процесса, возможная степень автоматизации
2.4		п. 4.2.4	Присваивание и заполнение значений атрибутов, отобранных в этапе 2.2.
			<i>Входы:</i> КТ Характеристики
			<i>Автоматизация:</i> частичная, за счет встроенных средств ПО.
2.5		п. 4.2.5	Для всех кодируемых элементов ЦИМ, с учетом ранее отобранных аспектов представления системы (этап 2.3), производится присваивание соответствующих кодовых обозначений, выбранных по результатам классификации этих элементов.
			<i>Входы:</i> КТ Компоненты, КТ Помещения и зоны, дополнительные КТ КСИ (при необходимости). <i>Выходы:</i> Спецификация пользовательских классов.
			<i>Автоматизация:</i> частичная, за счет таблиц соответствия.
2.6		п. 4.2.6	Этап, в рамках которого для всех кодируемых элементов ЦИМ происходит формирование и присваивание многоуровневых кодовых обозначений в ранее определенных аспектах (п. 2.3).
			<i>Входы:</i> Структура ЦИМ
			<i>Автоматизация:</i> полная.
2.7		п. 4.2.7	В случае необходимости формирования полного кодового представления (составной код), для всех кодируемых элементов модели производится сборка и присваивание составных кодов.
			<i>Автоматизация:</i> полная.
-	Окончание процесса КиК 	-	Окончание процесса классификации и кодирования элементов ЦИМ.

№ этапа	Этап / артефакт процесса	Раздел МП	Описание, входы/выходы процесса, возможная степень автоматизации
-	 Нормативные требования к ЦИМ	4.2.2	Совокупность нормативных требований к информационному составу элементов ЦИМ.
-	 EIR	4.2.2	Информационные требования заказчика (<i>Employer's Information Requirements</i>)
-	 BEP	4.2.2	План реализации проекта (<i>BIM Execution Plan</i>)
-	 Структура ЦИМ	4.2.1	Текстовое или графическое представление структуры ЦИМ (системная декомпозиция)
-	 Спецификация пользовательских классов	4.2.2; 4.2.5	Документ, содержащий исчерпывающую информацию о всех пользовательских типах и классах строительной информации
-	 КТ ...	4.2.5	Классификационная таблица из состава классификатора строительной информации.

4.2.1 Формирование структуры ЦИМ (декомпозиция на системы и подсистемы)

Схема этапа (подпроцесса) «2.1 Формирование структуры ЦИМ» приведена на рисунке 4.2.1.1.

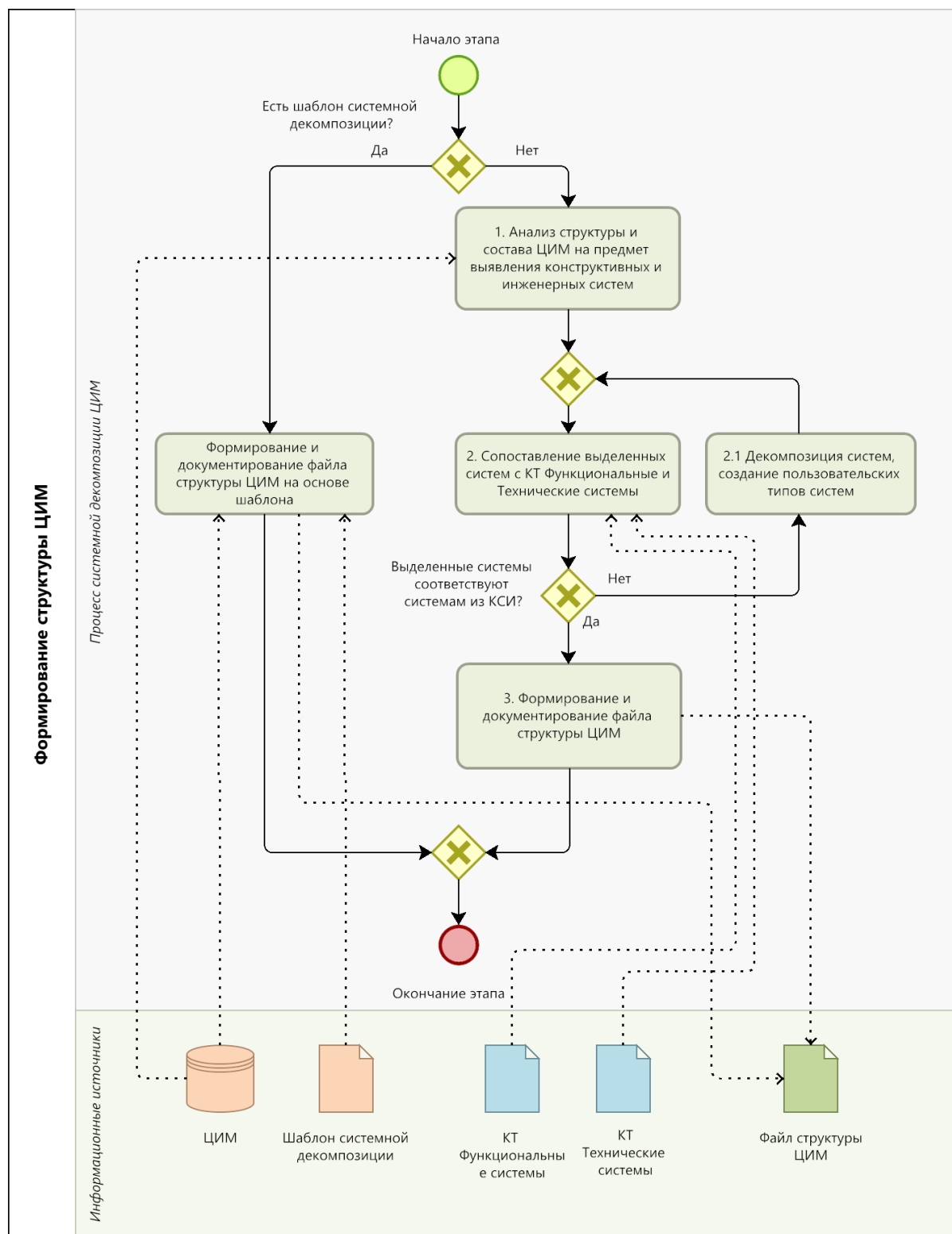


Рисунок 4.2.1.1 – Схема этапа (подпроцесса) «2.1 Формирование структуры ЦИМ»

Коды систем для отобранных элементов модели приведены в таблице 4.2.1.1. Полная структура тестовой ЦИМ представлена в Приложении А.

Таблица 4.2.1.1 – Отнесение отобранных элементов модели к системам ЦИМ

№ п.	Элемент	Код системы	Наименование системы
1	ЖБ свая промежуточной опоры	<i>-A01.AB01.BB02/%%BB40</i>	Свайные фундаменты
2	Дорожный знак	<i>=T01.ME01/%ME01</i>	Дорожные знаки
3	Балка барьерного ограждения	<i>=P01.PJ02/%PJ02</i>	Ограждение проезжей части
4	Опора наружного освещения	<i>=Q01.HH01/%%HH100</i>	Система наружного освещения
5	ЖБ плита пролетного строения	<i>-C01.BP01.BN03/%BN03</i>	Плита пролетного строения
6	Дорожная одежда проезжей части	<i>-U01.BQ01</i>	Конструкции мостового полотна

По итогам выполнения данного этапа должна быть разработана структура ЦИМ в формате *XML*⁷. Основное назначение файла структуры ЦИМ заключается в хранении следующих данных:

- код системы;
- наименование системы;
- аспект представления системы;
- код типа класса системы (в случае наличия);
- наименование типа системы;
- код родительской системы (в случае наличия).

Данная информация частично может быть получена и автоматизированным способом – запросом всех уникальных значений систем для атрибутов многоуровневых кодов элементов (атрибуты «КСИ Функциональный код многоуровневый», «КСИ Код продукта многоуровневый», «КСИ Место расположения»), однако информация о пользовательских типах систем не может быть получена подобным образом, поскольку кодовое обозначение компонента системы не включает в себя информацию о типе системы, в которую он входит.

⁷ Схема для *XML*-документа «Структура ЦИМ» приведена в приложении Б [1].



Одним из наиболее эффективных способов представления информации о системной декомпозиции ЦИМ (структуры модели) является применение специализированных блок-схем в формате ментальной карты. Формат ментальной карты позволяет наглядным способом отображать древовидные структуры данных [2]. В качестве промежуточного (рабочего) способа разработки структуры ЦИМ рекомендуется применять именно формат ментальной карты (см. рисунок 4.2.1.2).



Рисунок 4.2.1.2 – Фрагмент ментальной карты, содержащей перечень систем тестовой ЦИМ



Большинство из существующих online-сервисов по разработке ментальных карт имеют функционал по экспорту своего содержимого в открытые форматы данных (например, FreeMind или RTF), позволяющие реализовать механизм экспорта данных из этих форматов в целевой формат файла структуры ЦИМ (.xml).

Фактически, файл структуры ЦИМ описывает иерархическую структуру модели и может быть использован в качестве источника данных при формировании дерева представления проекта при работе со сводными моделями, в том числе и при формировании поисковых запросов (см. приложение Б.1) и фильтров отображения элементов модели (см. приложение Б.3).

Например, для отображения всех элементов модели, формирующих систему наружного водостока (код системы =G01.JD01/%%JD20), необходимо сформировать следующий поисковый запрос (фильтр отображения), приведенный на рисунке 4.2.1.3.

Категория	Свойство	Условие	Значение
Объект	КСИ Функциональный код многоуровневый#XNKF0002	Содержит	=G01.JD01* 

Рисунок 4.2.1.3 – Пример формирования поискового запроса для системы «Система наружного водостока»



Наиболее эффективным и быстрым способом фильтрации элементов модели является использование в запросах синтаксиса регулярных выражений [3] (в случае, если позволяет функционал применяемого ПО).

Дополнительные примеры формирования различных видов поисковых запросов и способы фильтрации элементов модели приведены в Приложении Б.1.



Процесс системной декомпозиции во многом носит субъективный характер. Один и тот же ОКС может быть разделен на системы различными способами, в зависимости от сценариев применения ЦИМ. Для снижения вариативности системной декомпозиции рекомендуется использовать шаблоны системной декомпозиции ЦИМ.

4.2.2 Формирование перечня атрибутов для элементов модели

Схема этапа (подпроцесса) «2.2 Формирование перечня атрибутов для элементов модели» приведена на рисунке 4.2.2.1.

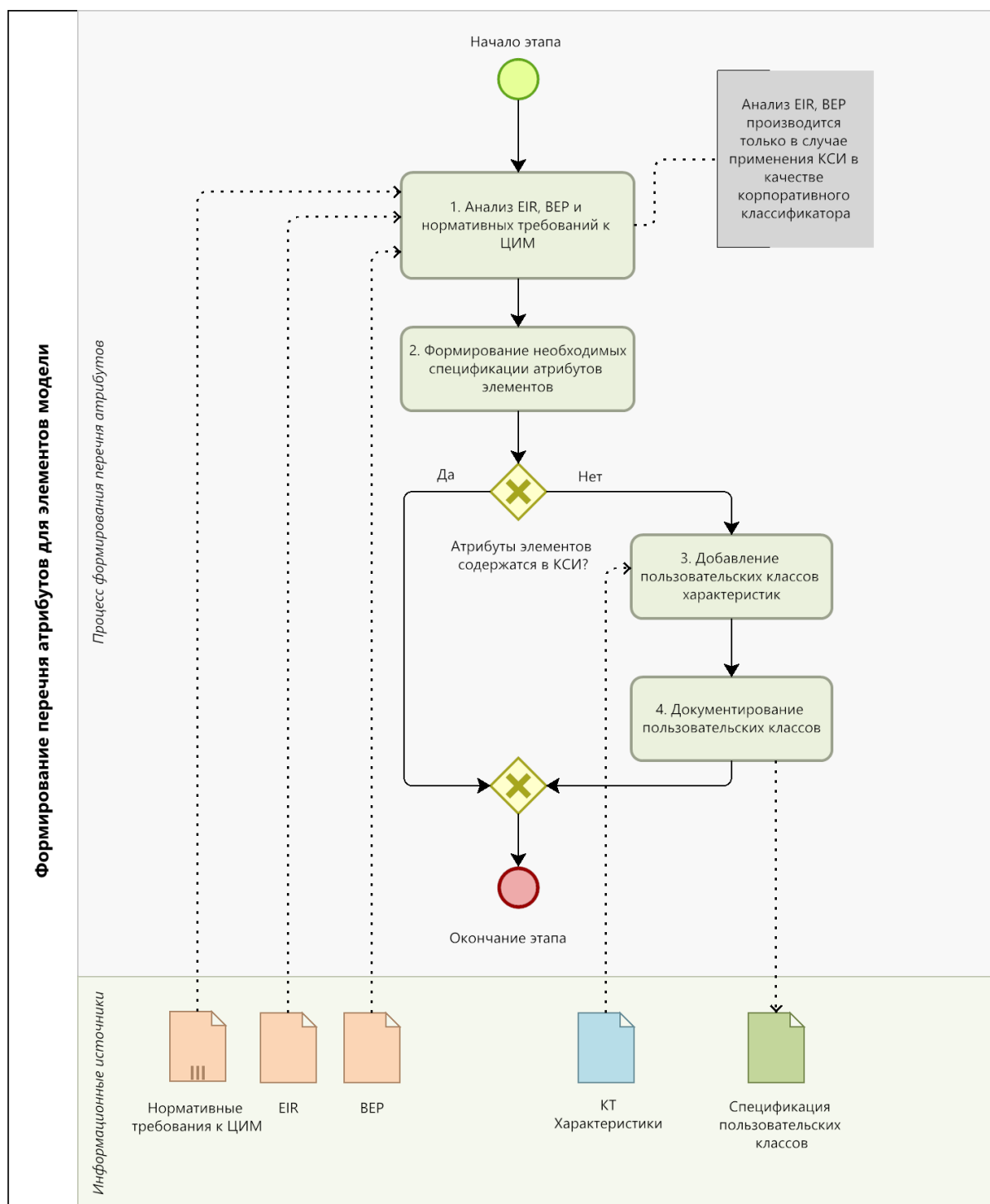


Рисунок 4.2.2.1 – Схема этапа (подпроцесса) «2.2 Формирование перечня атрибутов для элементов модели»

Анализ плана реализации проекта (*БЕР*) и информационных требований заказчика (*EIR*) производится только в том случае, если КСИ применяется в качестве корпоративного классификатора для решения задач информационного моделирования, определенных в рамках существующих в организации сценариев применения ЦИМ.

Под нормативными требованиями к ЦИМ понимается перечень требований, фигурирующих в существующей базе нормативно-технической документации в строительстве, на которые будет осуществляться проверка ЦИМ⁸. В таблице 4.2.2.2 приведен пример подобного отбора атрибутов для элементов тестовой модели.

Для атрибутов, отсутствующих в КТ «Характеристики» КСИ («Заделка головы сваи в ростверк»), сформированы пользовательские классы характеристик⁹, которые задокументированы в соответствующем документе «Спецификация пользовательских классов» (см. приложение Б [1]).

Основное назначение этого документа заключается в хранении следующих пользовательских данных:

- код классификационной таблицы;
- код класса;
- наименование класса;
- код типа класса (в случае наличия);
- наименование типа класса.

Пример фрагмента документа «Спецификация пользовательских классов» для введенных классов пользовательских характеристик, приведен в таблице 4.2.2.1.

Таблица 4.2.2.1 – Пример табличного представления документа «Спецификация пользовательских классов»

Код КТ	Код класса	Наименование класса
<i>Prp</i>	<i>CPGU_0001</i>	Глубина заделки головы сваи в ростверк, (см)

⁸ Проверка ЦИМ может быть осуществлена как на стороне проектировщика (внутренняя проверка, согласно существующим регламентам контроля качества ЦИМ и проектных решений), так и на стороне экспертизы (внешняя проверка, согласно существующим регламентам проверки ЦИМ).

⁹ Пользовательские классы характеристик в модели можно распознать по наличию символа «U» (*user-defined*) в кодовом обозначении характеристики, например: *CPEU_0001*, *CPGU_0001*. Более подробная информация о пользовательских классах характеристик представлена в п. 4.3.1 [1].

Таблица 4.2.2.2 – Пример формирование перечня атрибутов для элементов модели

№ п.	Элемент	НТД, формулировка требования	Необходимые атрибуты	Атрибуты по КСИ
1	ЖБ свая промежуточной опоры	СП 24.13330.2021 8.8 Сопряжение свайного ростверка со сваями допускается предусматривать как свободно опирающимся, так и жестким. Свободное опирание ростверка на сваи должно учитываться в расчетах условно как шарнирное сопряжение и при монолитных ростверках должно выполняться путем заделки головы сваи в ростверк на глубину 5-10 см.	Глубина заделки головы сваи в ростверк ¹⁰	Глубина заделки головы сваи в ростверк, (см)#CPGU_0001
2	Балка барьерного ограждения	ГОСТ 26804-2012 5.3.2 Секции балки следует изготавливать из стального гнутого профиля с размерами 312х83х4 (3) по настоящему стандарту, марка стали ВСт3пс, ВСт3кп по ГОСТ 380.	Марка стали	Марка стали#MPM_0048
3	ЖБ плита пролетного строения	СП 35.13330 7.19 Для конструкций мостов и труб следует применять тяжелый бетон классов по прочности на сжатие В20, В22,5, В25, В27,5, В30, В35, В40, В45, В50, В55 и В60. Бетон классов В22,5 и В27,5 следует предусматривать при условии, что это приводит к экономии цемента и не снижает других технико-экономических показателей конструкции. Бетон класса по прочности выше В60 (в том числе получаемый с помощью добавок, повышающих прочность) следует применять по техническим условиям. В зависимости от вида конструкций, их армирования и условий работы применяемый бетон должен соответствовать требованиям, приведенным в таблице 7.4.	Класс бетона	Класс бетона#MPM_0042
			Объем ¹¹	Объем, (м3)#XPG_0007

¹⁰ В КТ «Характеристики» КСИ присутствует характеристика «Глубина заделки сваи#CPG_0004», которая может быть использована для проверки условий данного требования. В данном случае пользовательская характеристика введена для демонстрации способа задания пользовательских классов.

¹¹ Характеристика «Объем» введена для реализации сценария получения строительных объемов из ЦИМ (см. Приложение Б).

4.2.3 Выбор аспектов представления системы

Схема этапа (подпроцесса) «2.3 Выбор аспектов представления системы» приведена на рисунке 4.2.3.1.

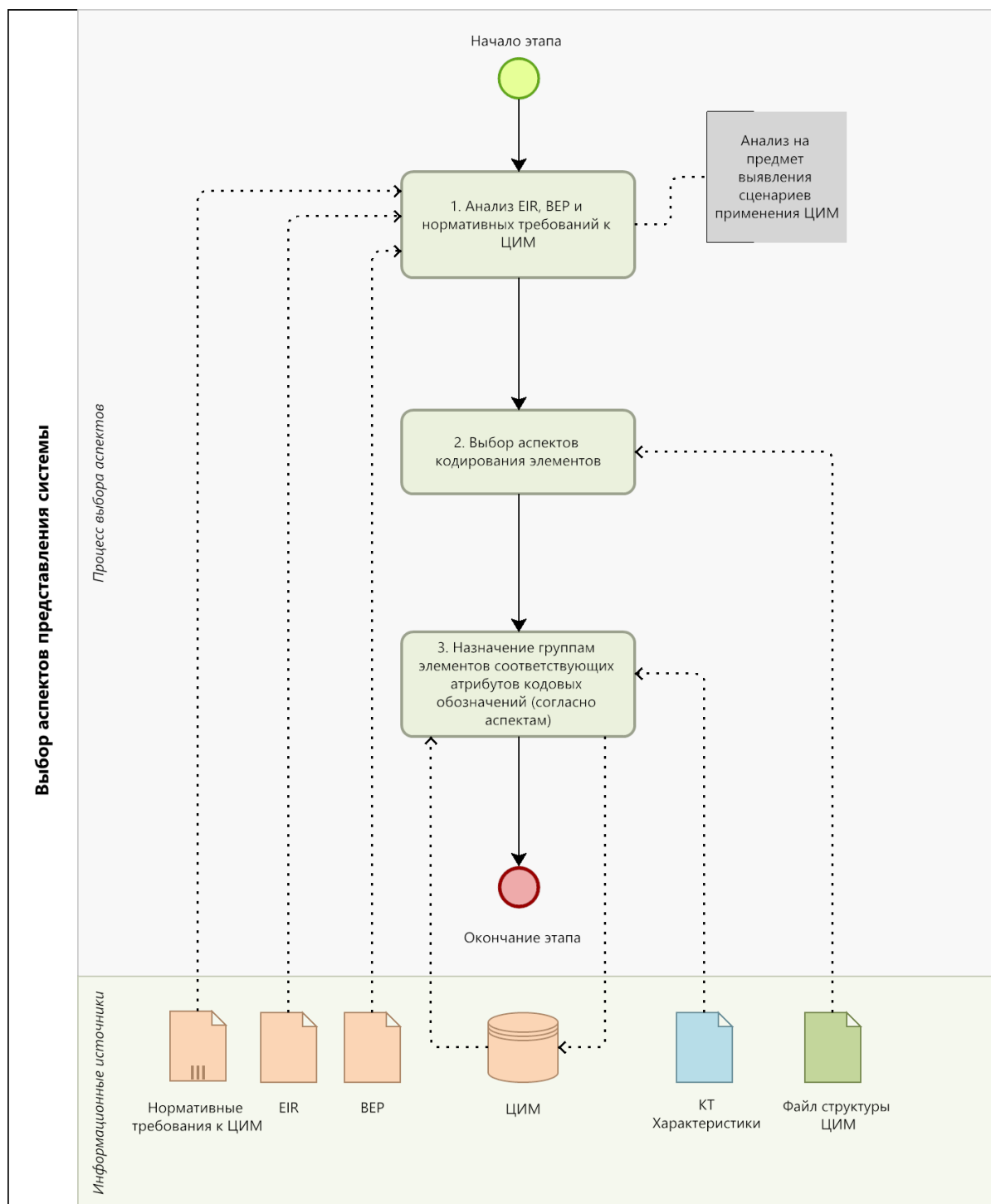


Рисунок 4.2.3.1 – Схема этапа (подпроцесса) «2.3 Выбор аспектов представления системы»

Согласно КТ «Характеристики» КСИ, для каждого элемента модели могут быть назначены атрибуты, соответствующие следующим аспектам кодирования:

- аспект функции;
- аспект продукта;
- аспект положения;
- аспект типа класса;
- пользовательский аспект¹² (определяемый при необходимости).

На практике необходимость применения нескольких или сразу всех аспектов для группы элементов возникает крайне редко, поэтому введение аспектов кодирования (в особенности пользовательских) должно быть обусловлено исключительно необходимостью их практического применения (обусловленной конкретными сценариями применения ЦИМ) и исходить из принципа минимальной достаточности.



Например, если в сценариях использования ЦИМ отсутствуют задачи, связанные с проверкой расположения определенной группы элементов модели в каком-либо пространстве (сантехнические приборы в помещениях мокрых зон; единицы оборудования с повышенными шумовыми параметрами в непосредственной близости от спальных помещений и прочее), то для группы этих элементов заполнение соответствующих атрибутов («КСИ Место расположения») является излишним и нецелесообразным.

Для групп элементов, формирующих системы ЦИМ, согласно произведенной системной декомпозиции (п. 4.2.1), вводятся соответствующие системам аспекты их представления. В таблице 4.2.3.1 приведен пример выбора аспектов для элементов тестовой ЦИМ.



Каждый элемент модели должен быть представлен минимум в одном аспекте. Исходя из рекомендаций [1] и существующей практики классификации и кодирования, в качестве «основного» аспекта для всех строительных конструкций и материалов принято считать аспект продукта (отражает то, как система возведена/смонтирована), для элементов технологических и инженерных систем здания – аспект функции (отражает основную функцию или функциональное назначение элемента и системы в целом, например: электроснабжение, обеспечение безопасности, и проч.).

¹² Все пользовательские аспекты должны быть задокументированы так же, как и пользовательские классы и типы.

Таблица 4.2.3.1 – Выбор аспектов представления для элементов тестовой ЦИМ

№ п.	Элемент	Код системы	Применяемые аспекты кодирования
1	ЖБ свая промежуточной опоры	-A01.AB01.BB02/%%BB40	Аспект продукта (-)
2	Дорожный знак	=T01.ME01/%ME01	Аспект функции (=)
3	Балка барьерного ограждения	=P01.PJ02/%PJ02	Аспект функции (=)
4	Опора наружного освещения	=Q01.HH01/%%HH100	Аспект функции (=)
5	ЖБ плита пролетного строения	-C01.BP01.BN03/%BN03	Аспект продукта (-)
6	Дорожная одежда проезжей части	-U01.BQ01	Аспект продукта (-)



Для ускорения процесса кодирования ЦИМ, унификации атрибутивного наполнения элементов модели, и обеспечения возможности последующего добавления кодовых обозначений (в случае необходимости), рекомендуется добавлять элементам полный перечень атрибутов по КСИ (XNKC0001 .. XNKT0002), с заполнением значений атрибутов только для используемых аспектов.

4.2.4 Атрибутивное наполнение элементов ЦИМ

Схема этапа (подпроцесса) «2.4 Атрибутивное наполнение элементов ЦИМ» приведена на рисунке 4.2.4.1.

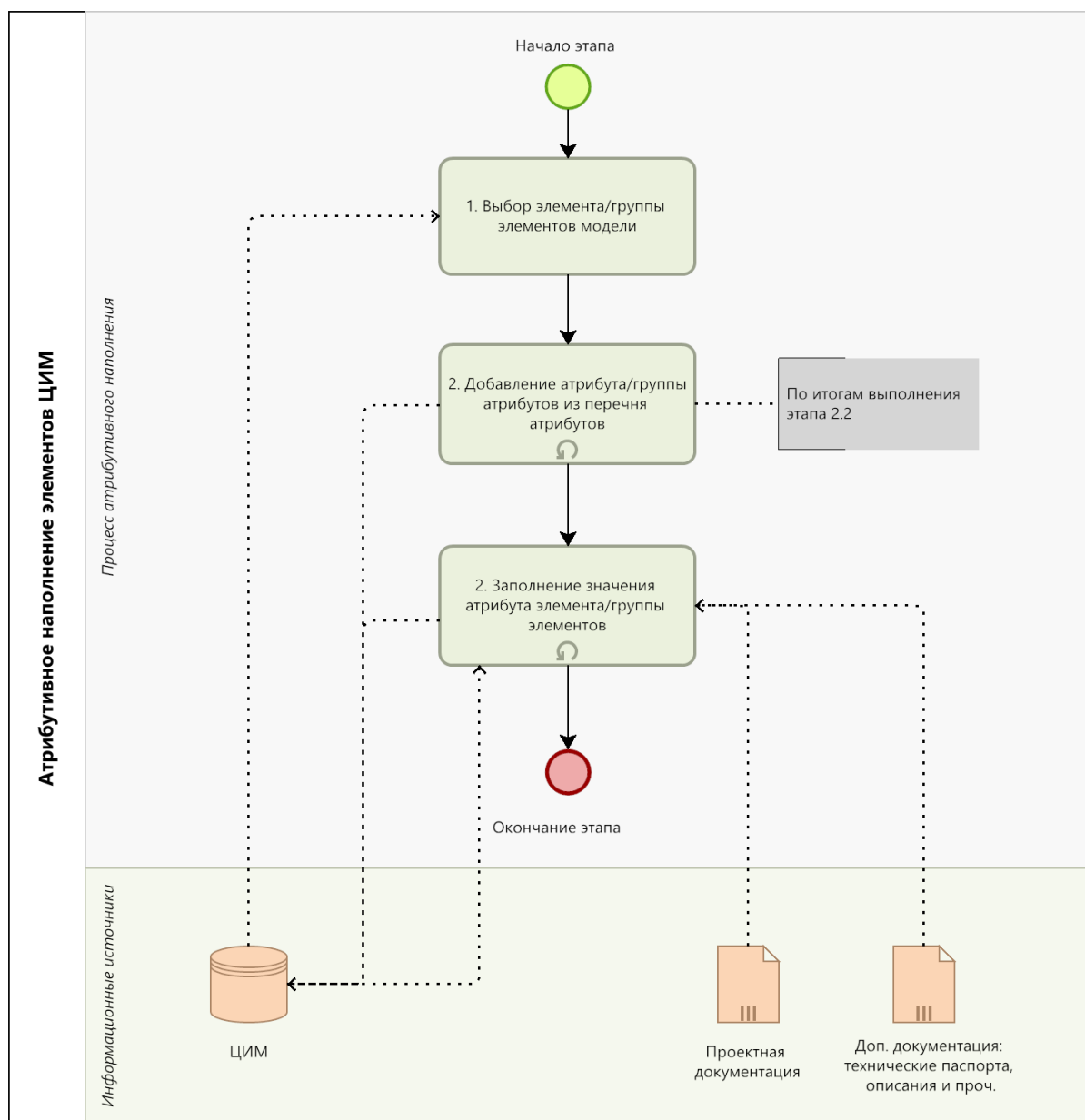


Рисунок 4.2.4.1 – Схема этапа (подпроцесса) «2.4 Атрибутивное наполнение элементов ЦИМ»

Пример заполнения атрибутов для отобранных элементов ЦИМ, согласно сформированному перечню атрибутов (п. 4.2.2), представлен в таблице 4.2.4.1.

Таблица 4.2.4.1 – Пример атрибутивного наполнения для элементов тестовой ЦИМ

№ п.	Элемент	Атрибуты по КСИ	Значения атрибутов
1	ЖБ свая промежуточной опоры	Глубина заделки головы сваи в ростверк, (см)#CPGU_0001 ¹³	10
2	Балка барьерного ограждения	Марка стали#MPM_0048	ВСтЗпс
3	ЖБ плита пролетного строения	Класс бетона#MPM_0042	В30
		Объем, (м3)#XPG_0007	105.1



Для автоматизации процесса заполнения значений атрибутов по КСИ, рекомендуется ссылаться на значения из уже имеющихся «зашифрованных» атрибутов модели (например, системных или встроенных параметров), используя переходные таблицы (которые будут различаться в зависимости от применяемого ПО). Например, значение для атрибута «Объем#XPG_0003» может быть заимствовано из соответствующего встроенного (не редактируемого) параметра «Объем» и т.д.



Не все данные для заполнения атрибутов по КСИ могут изначально содержаться в составе ЦИМ, часть из этих данных может быть заимствована из проектной документации (текстовой части), технических паспортов изделий и прочее. Например, для элементов из таблицы 4.2.4.1 значения марки стали для балки барьерного ограждения (п. 2 таблицы) было взято из сертификата соответствия

¹³ Для атрибутов, имеющих количественные значения, согласно рекомендациям [1], в наименования атрибутов добавлены обозначения единиц измерения.

4.2.5 Формирование одноуровневых кодовых обозначений элементов

Схема этапа (подпроцесса) «2.5 Формирование одноуровневых кодовых обозначений элементов» приведена на рисунке 4.2.5.1. Пример формирования одноуровневых кодовых обозначений для элементов тестовой ЦИМ представлен в таблице 4.2.5.1.

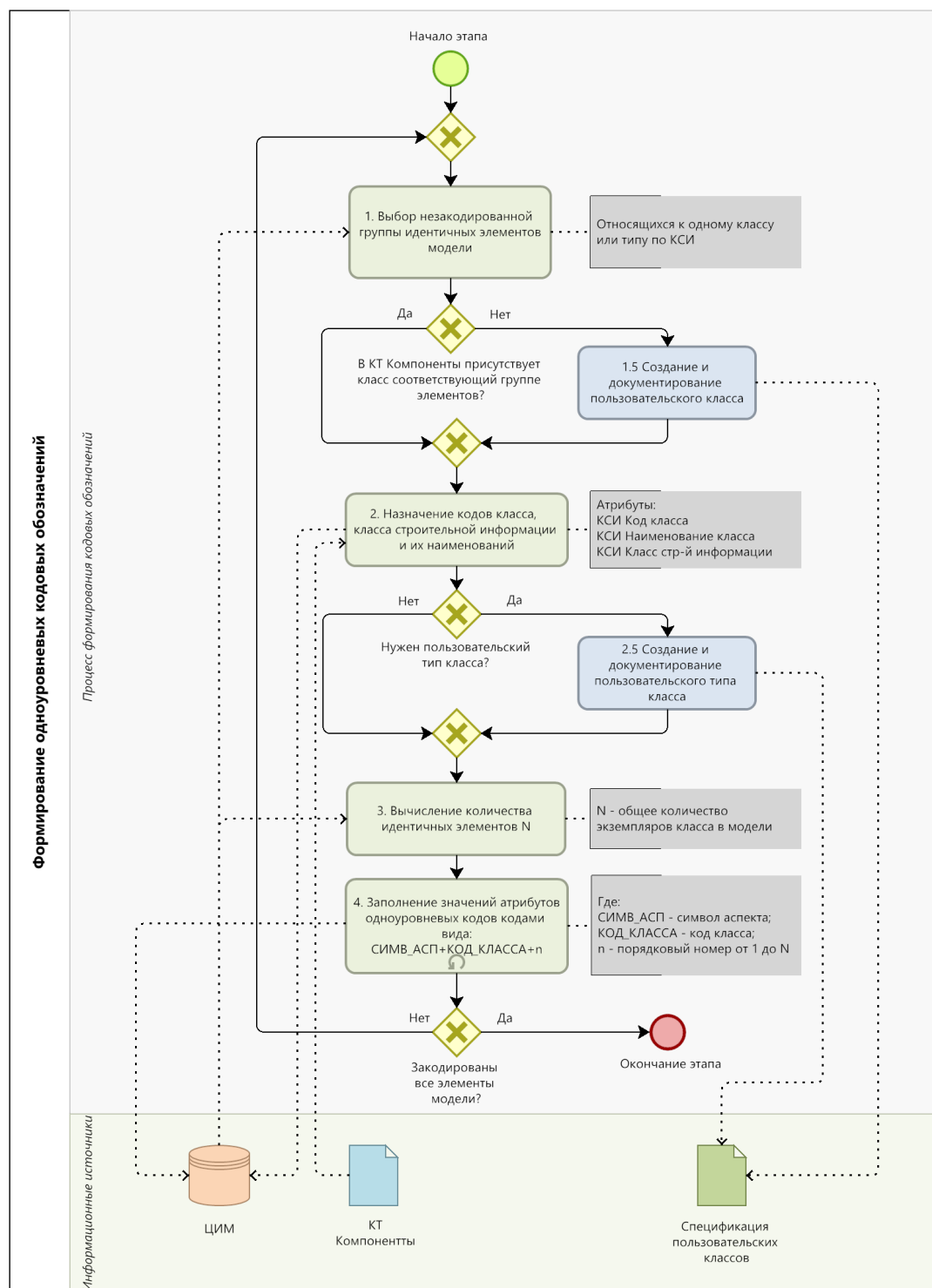


Рисунок 4.2.5.1 – Схема этапа (подпроцесса) «2.5 Формирование одноуровневых кодовых обозначений элементов»

Таблица 4.2.5.1 – Одноуровневые кодовые обозначения для элементов тестовой ЦИМ

№ п.	Элемент	Класс СИ	Код класса	Наименование класса	Код продукта	Функци-й код	Код типа класса	Наименование типа класса
1	ЖБ свая промежуточной опоры	<i>Com</i>	<i>ULC</i>	Свая	<i>-ULC027</i>			
2	Дорожный знак	<i>Com</i>	<i>PHD</i>	Знак		<i>=PHD008</i>	<i>%PHD01</i>	Дорожный знак
3	Балка барьерного ограждения	<i>Com</i>	<i>ULE</i>	Балка		<i>=ULE025</i>	<i>%ULE03</i>	Балка барьерного ограждения
4	Опора наружного освещения	<i>Com</i>	<i>EAA</i>	Осветительный прибор		<i>=EAA02</i>	<i>%EAA01</i>	Светильник дорожный
5	ЖБ плита пролетного строения	<i>Com</i>	<i>ULK</i>	Плита	<i>-ULK01</i>		<i>%ULK01</i>	Плита пролетного строения
6	Дорожная одежда проезжей части	<i>TeS</i>	<i>AA</i>	Дорожная одежда	<i>-AA01</i>		<i>%AA01</i>	Дорожная одежда проезжей части

Пример пошаговой реализации алгоритма формирования одноуровневых кодовых обозначений на примере ЖБ сваи промежуточной опоры (п. 1 таблицы 4.2.5.1) приведен на рисунке 4.2.5.2. На рисунке 4.2.5.3 показан его обновленный атрибутивный состав.

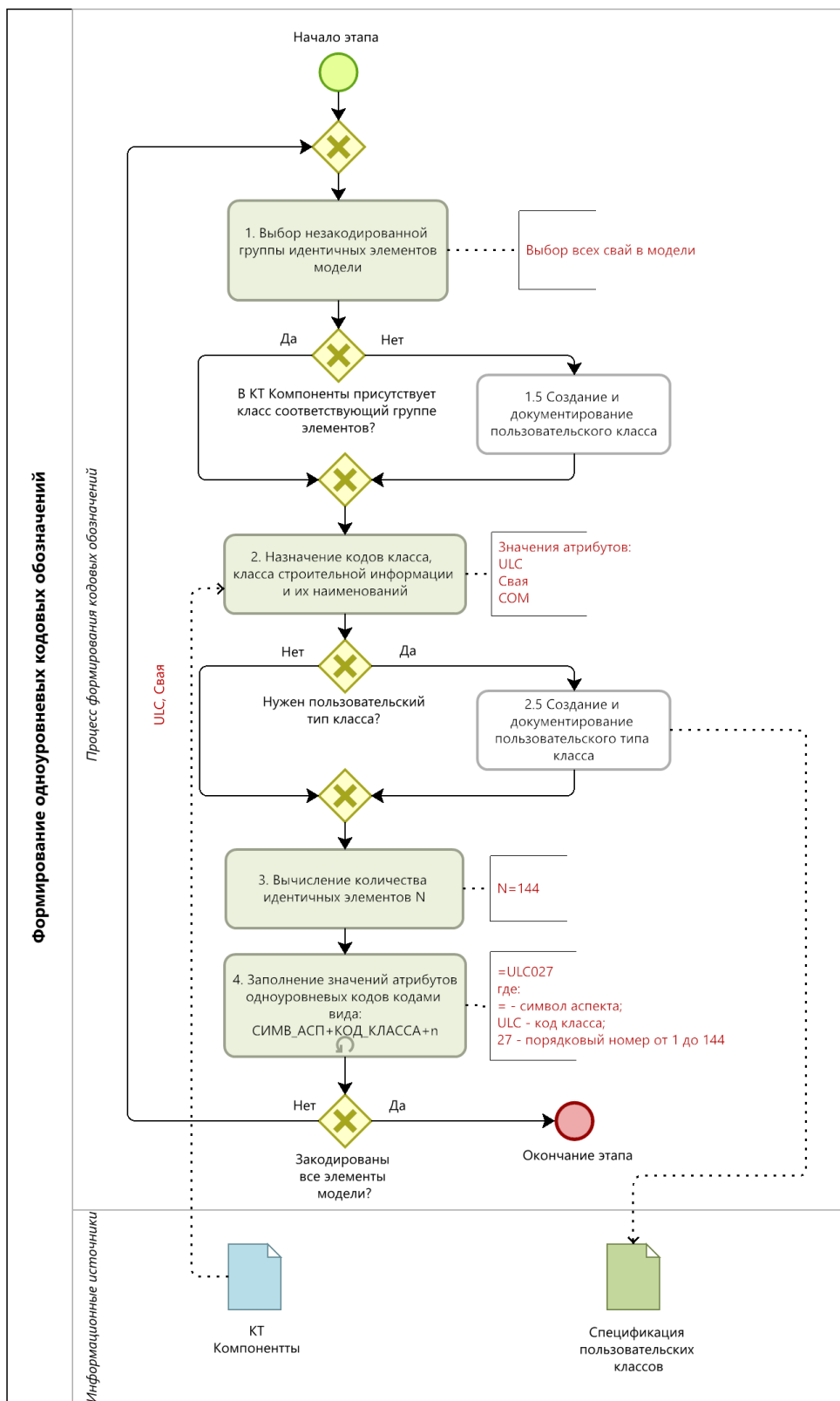


Рисунок 4.2.5.2 – Пример пошаговой реализации алгоритма формирования одноуровневых кодовых обозначений (для элемента «ЖБ свая промежуточной опоры»)

КСИ Составной код#XNKC0004	
КСИ Код класса#XNKC0001	ULC
КСИ Наименование класса#XNKC0002	свая
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	Сот
КСИ Функциональный код#XNKF0001	
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	
КСИ Код продукта#XNKP0001	-ULC027
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	
КСИ Код типа класса#XNKT0001	
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	
...	
Глубина заделки головы сваи в ростверк, (см)#CPGU_0001	10

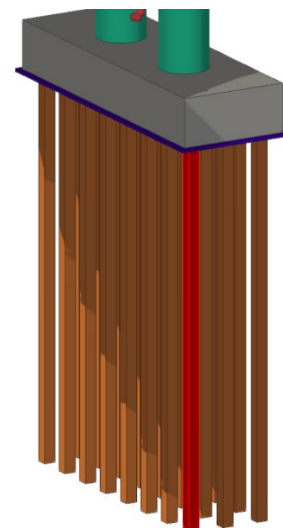


Рисунок 4.2.5.3 – Атрибутивный состав элемента тестовой ЦИМ «ЖБ свая промежуточной опоры», по итогам реализации этапов 2.1-2.5 процесса КиК



Для ускорения процесса формирования одноуровневых кодовых обозначений рекомендуется классифицировать элементы модели на этапе формирования элементных библиотек ЦИМ (семейства/типы/классы – в зависимости от используемого ПО). Назначение кодов классов на этапе разработки семейств позволит в значительной степени сократить трудозатраты при классификации элементов модели.



Фактически, одноуровневое кодовое обозначение элемента является его уникальным идентификатором в модели.



Для автоматизации процесса классификации (отнесения элемента модели к соответствующему классу из КСИ) рекомендуется разработка и применение переходных таблиц, устанавливающих соответствия между внутренними классами ПО (или формата) и классами КСИ (см пример в приложении Е [1]). Однако, применение переходных таблиц не является универсальным решением по причине того, что зачастую некоторые объекты моделируются системными категориями объектов, соответствующими другим классам.

4.2.6 Формирование многоуровневых кодовых обозначений элементов

Схема этапа (подпроцесса) «2.6 Формирование многоуровневых кодовых обозначений элементов» приведена на рисунке 4.2.6.1. Пример формирования многоуровневых кодовых обозначений для элементов тестовой ЦИМ представлен в таблице 4.2.6.1.

Формирование многоуровневых кодовых обозначений является одним из основных этапов всего процесса КиК, поскольку именно из многоуровневого кода элемента в последствии извлекается информация о принадлежности элемента (группы элементов) определенной системе.

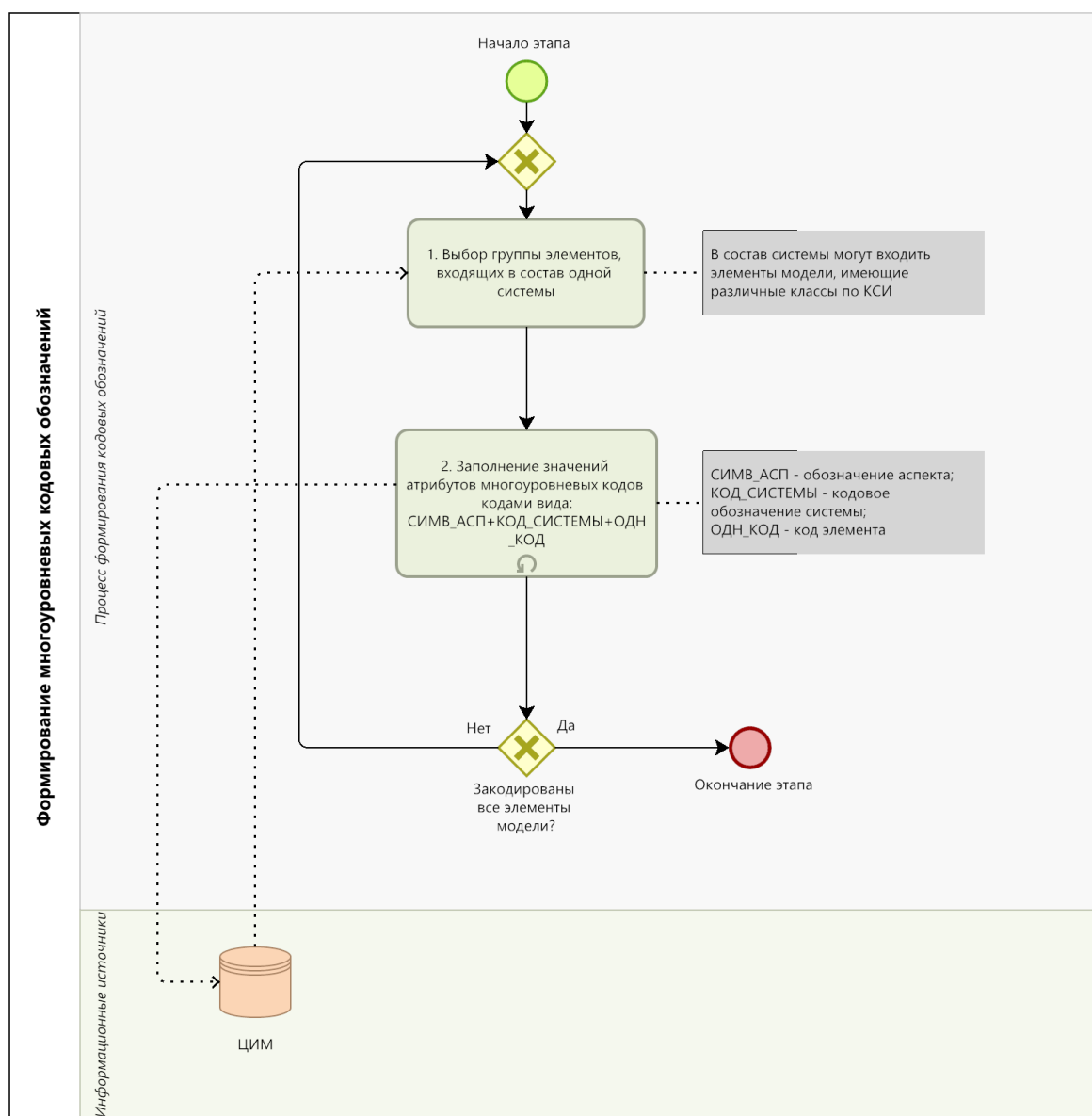


Рисунок 4.2.6.1 – Схема этапа (подпроцесса) «2.5 Формирование многоуровневых кодовых обозначений элементов»

Таблица 4.2.6.1 – Многоуровневые кодовые обозначения для элементов тестовой ЦИМ

№ п.	Элемент	Одноуровн. код	Код системы	Код продукта многоуровневый	Функциональный код многоуровневый	Место расположения
1	ЖБ свая промежуточной опоры	<i>-ULC027</i>	<i>-A01.AB01.BB02/%%BB40</i>	<i>-A01.AB01.BB02.ULC027</i>		
2	Дорожный знак	<i>=PHD008</i>	<i>=T01.ME01/%ME01</i>		<i>=T01.ME01.PHD008</i>	<i>+++PK3p54.R.6,5</i> <i>+U01.BP01.BN03.ULK01</i>
3	Балка барьерного ограждения	<i>=ULE025</i>	<i>=P01.PJ02/%PJ02</i>		<i>=P01.PJ02.ULE025</i>	
4	Опора наружного освещения	<i>=EAA02</i>	<i>=Q01.HH01/%%HH100</i>		<i>=Q01.HH01.EAA02</i>	
5	ЖБ плита пролетного строения	<i>-ULK01</i>	<i>-C01.BP01.BN03/%BN03</i>	<i>-C01.BP01.BN03.ULK01</i>		
6	Дорожная одежда проезжей части	<i>-AA01</i>	<i>-U01.BQ01</i>	<i>-U01.BQ01.AA01</i>		

Пример пошаговой реализации алгоритма формирования многоуровневых кодовых обозначений на примере ЖБ сваи (п. 1 таблицы 4.2.6.1) приведен на рисунке 4.2.5.2. На рисунке 4.2.6.3 показан обновленный атрибутивный состав сваи.

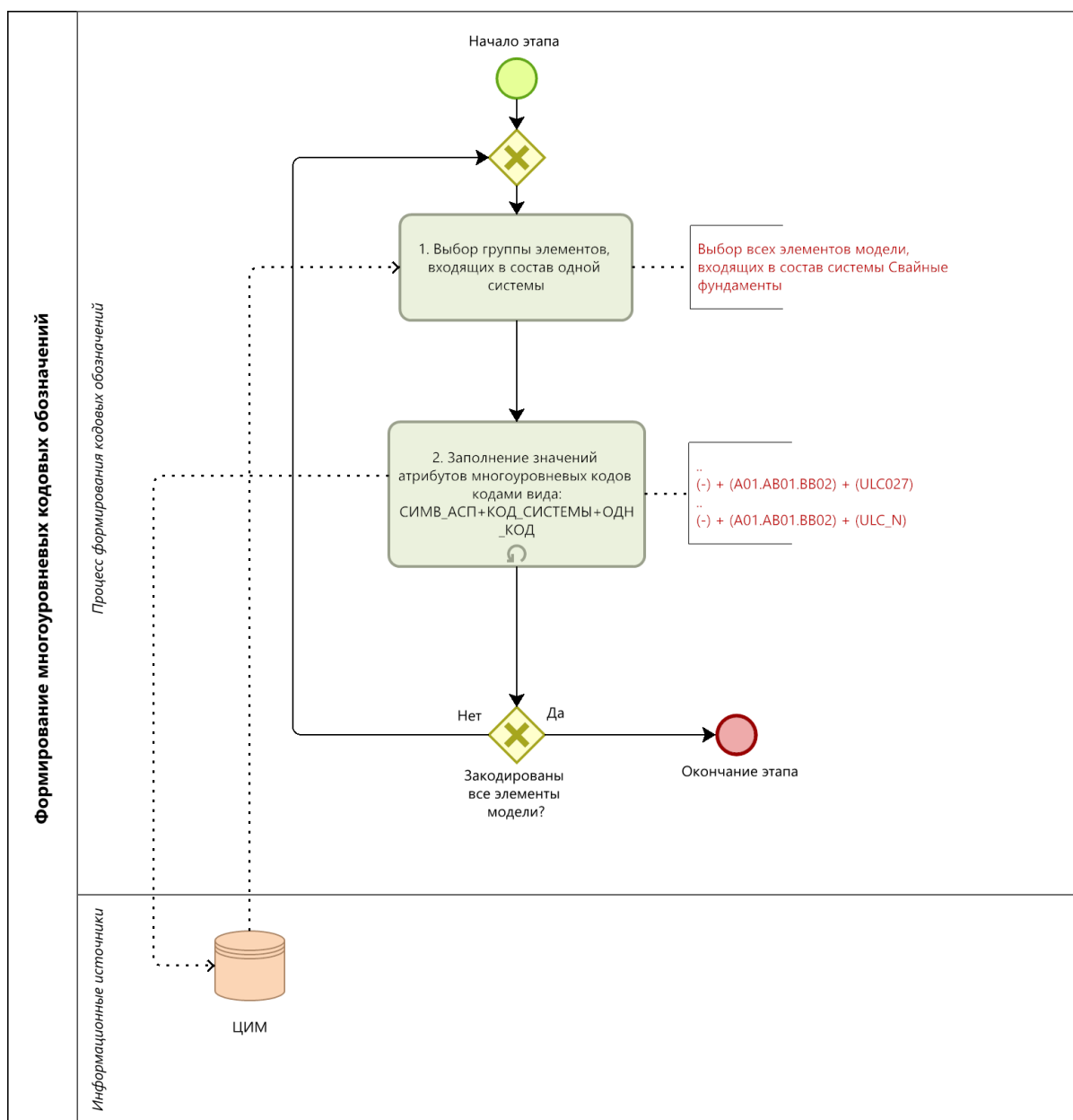


Рисунок 4.2.6.2 – Пример пошаговой реализации алгоритма формирования многоуровневых кодовых обозначений (для элемента «ЖБ свая промежуточной опоры»)

КСИ Составной код#XNKC0004	
КСИ Код класса#XNKC0001	ULC
КСИ Наименование класса#XNKC0002	свая
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	Сот
КСИ Функциональный код#XNKF0001	
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	
КСИ Код продукта#XNKP0001	-ULC027
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	-A01.AB01.BB02.ULC027
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	
КСИ Код типа класса#XNKT0001	
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	
...	
Заделка головы сваи в ростверк, (см)#CPGU_0001	10

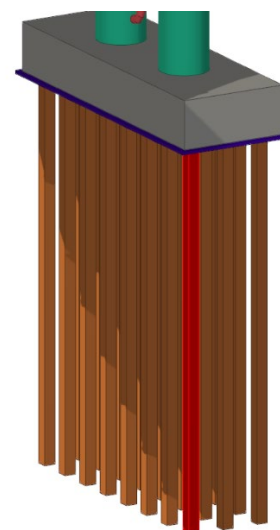


Рисунок 4.2.6.3 – Атрибутивный состав элемента тестовой ЦИМ «ЖБ свая промежуточной опоры», по итогам реализации этапов 2.1-2.6 процесса КиК

4.2.6.1 Формирование кодовых обозначений для аспекта местоположения

Как было отмечено в п. 4.2.3, формирование кодовых обозначений элементов в аспекте местоположения должно быть обусловлено необходимостью их применения¹⁴, которая устанавливается по результатам анализа сценариев применения ЦИМ и перечня нормативных требований.

В качестве примера для формирования кодовых обозначений в аспекте местоположения рассмотрим элемент модели «Дорожный знак».

На рисунке 4.2.6.1.1 показано фактическое расположение элемента в пространстве модели. Обозначенный знак дорожного смонтирован (точка установки) на ЖБ плите пролетного строения (-ULK01), знак имеет координаты осевой привязки относительно оси трассы разворотного съезда ПК3+57 (ПКЗр54) и установлен на правой стороне (R) по ходу трассы, со смещением в 6,5 м (6,5). Многоуровневые кодовые обозначения плиты пролетного строения и будут являться кодовыми обозначениями для соответствующего атрибута дорожного знака (таблица 4.2.6.1.1).

¹⁴ За исключением пространств и зон, для которых аспект местоположения является «основным» аспектом представления в системе.

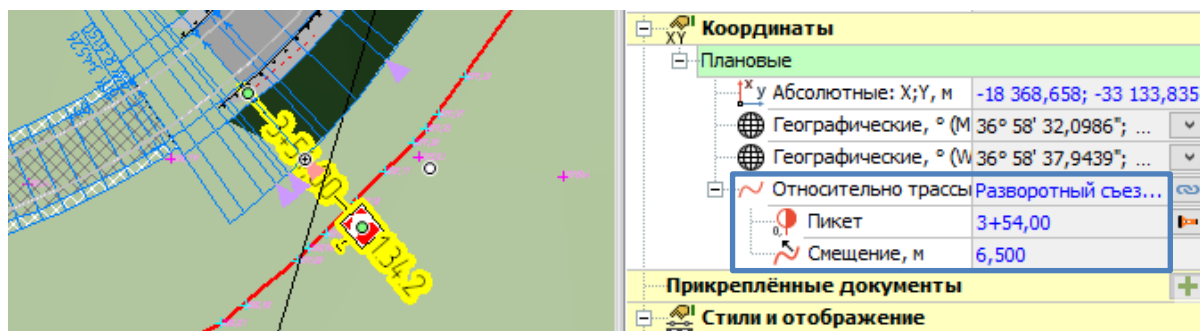


Рисунок 4.2.6.1.1 – Расположение знака дорожного движения в аспекте осевой привязки¹⁵
(+++)

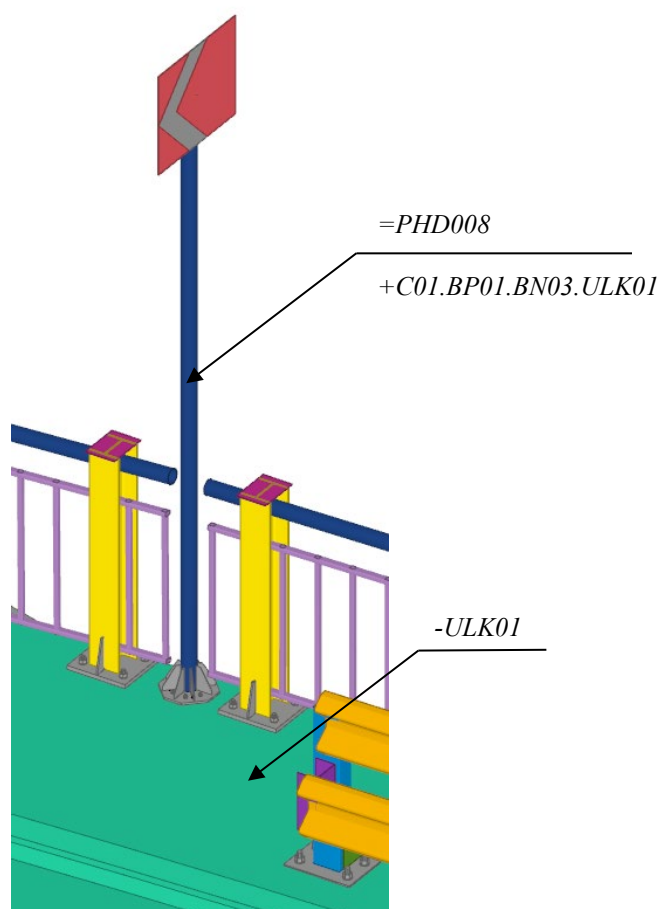


Рисунок 4.2.6.1.2 – Расположение знака дорожного движения в аспекте точки установки
(+)

¹⁵ Фрагмент рабочего пространства ПО *IndorCAD Road* при работе с тестовой ЦИМ

Таблица 4.2.6.1.1 – Кодовые обозначения для знака дорожного движения в аспекте местоположения

Атрибут элемента	Значение атрибута	Элемент модели, на который указывает кодовое обозначение в аспекте местоположения
КСИ Осевая привязка	+++PK3p54.R.6,5 +++KM3p545.R.6,5	Пикет ¹⁶
КСИ Точка установки	+C01.BP01.BN03.ULK01	Плита пролетного строения (-C01.BP01.BN03.ULK01)

Атрибутивный состав для знака дорожного движения отображен на рисунке 4.2.6.1.4.

КСИ Составной код#XNKC0004	
КСИ Код класса#XNKC0001	PHD
КСИ Наименование класса#XNKC0002	Знак
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	Com
КСИ Функциональный код#XNKF0001	=PHD008
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	=T01.ME01/%ME01
КСИ Код продукта#XNKP0001	
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	+C01.BP01.BN03.ULK01
КСИ Осевая привязка#XNKL0003	+++PK3p54.R.6,5
КСИ Код типа класса#XNKT0001	%PHD01
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	Дорожный знак
...	

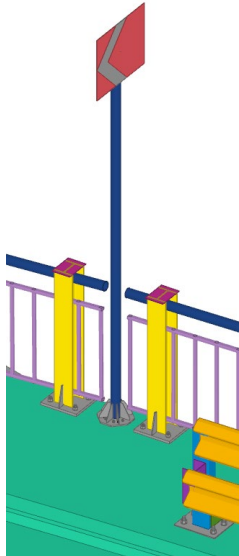


Рисунок 4.2.6.1.4 – Атрибутивный состав элемента тестовой ЦИМ «дорожный знак», по итогам его кодирования в аспекте местоположения



Для автоматизации процесса формирования кодовых обозначений в аспекте местоположения, можно воспользоваться «защитами» в ПО данными о нахождении элемента в определенном пространстве, расположения на поверхности другого элемента, либо осевой привязки. Если используемое ПО не хранит подобную информацию в атрибутах элемента, то получение кода пространства (или точки установки) решается путём перебора существующих пространств в ЦИМ с проверкой условия нахождения геометрического центра элемента внутри трехмерного объема¹⁷, формируемого пространством местоположения (или объектом, на который производится монтаж).

¹⁶ Для данной тестовой ЦИМ пикеты, как вспомогательные элементы модели, не моделировались.

¹⁷ Алгоритмическая задача «Местоположение точки», согласно [4].

4.2.7 Формирование составных кодов элементов

Схема этапа (подпроцесса) «2.7 Формирование составных кодов элементов» приведена на рисунке 4.2.7.1.

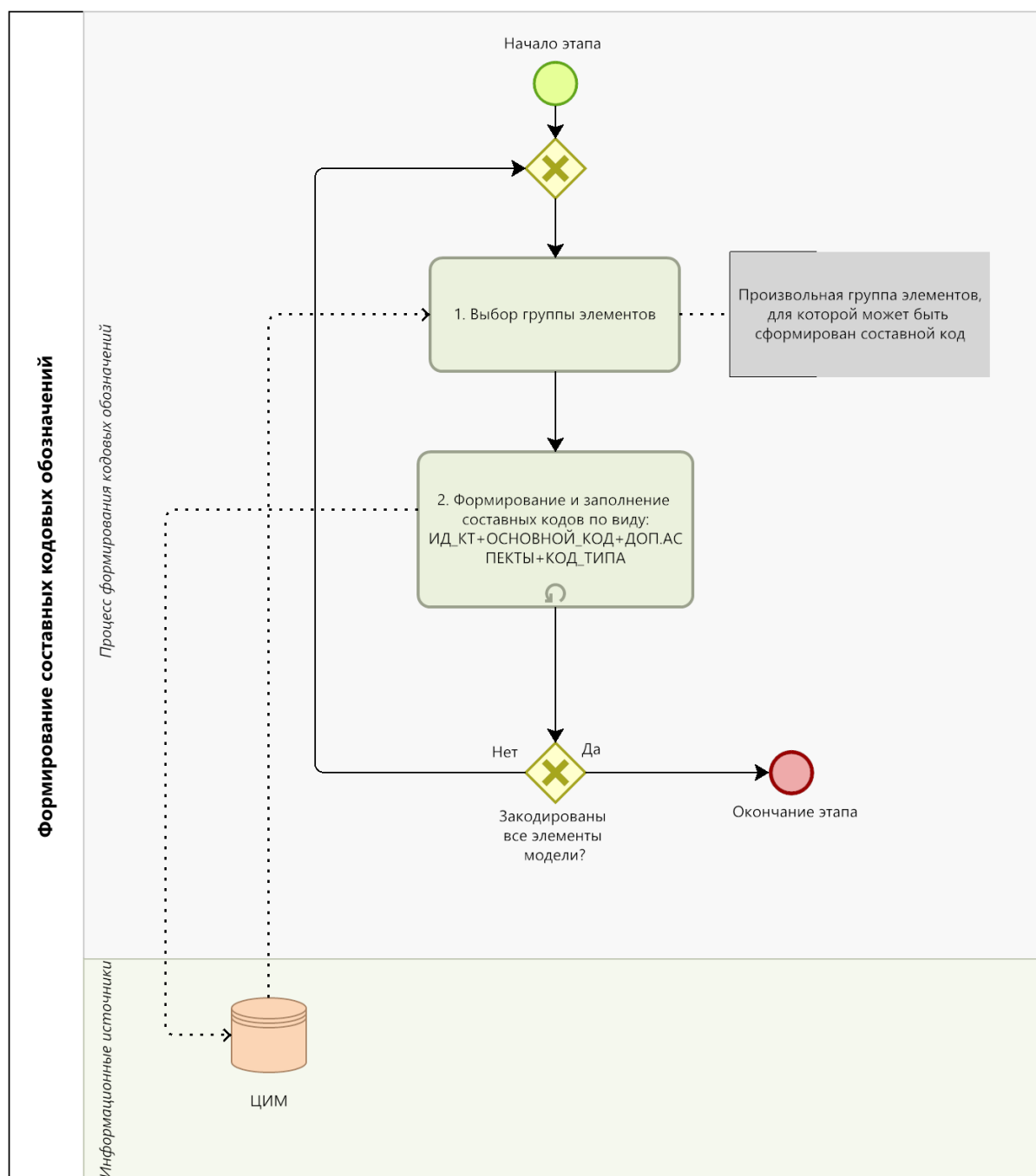


Рисунок 4.2.7.1 – Схема этапа (подпроцесса) «2.7 Формирование составных кодовых обозначений элементов»

Этап формирования составных кодовых обозначений не является обязательным для исполнения и выполняются только в том случае, когда возникает необходимость формирования однострочного кодового обозначения, содержащего все

классификационные признаки по КСИ. Подобная необходимость может быть вызвана, например, техническими ограничениями по передаче¹⁸ (экспорту) данных ЦИМ или последующим применением составных кодов в качестве маркировочных обозначений (шилдь) для элементов технологического или инженерного оборудования на стадии эксплуатации (см. приложение Б.5). Фактически, составной код элемента объединяет все существующие кодовые обозначения в единой строковое выражение, используя специализированный синтаксис. По этой причине данный этап процесса КиК может быть полностью автоматизирован.

Обновленный атрибутивный состав для знака дорожного движения отображен на рисунке 4.2.7.2.

КСИ Составной код#XNKC0004	<Com>=T01.ME01.PHD008/+U01.BP01.BN03.ULK01/+++PK3p54.R.6,5/%PHD01
КСИ Код класса#XNKC0001	PHD
КСИ Наименование класса#XNKC0002	Знак
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	Com
КСИ Функциональный код#XNKF0001	=PHD008
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	=T01.ME01.PHD008
КСИ Код продукта#XNKP0001	
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	+C01.BP01.BN03.ULK01
КСИ Осевая привязка#XNKL0003	+++PK3p54.R.6,5
КСИ Код типа класса#XNKT0001	%PHD01
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	Дорожный знак
...	

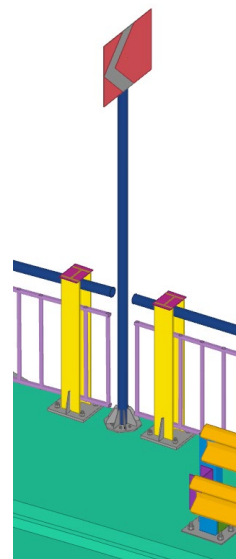


Рисунок 4.2.7.2 – Атрибутивный состав элемента тестовой ЦИМ «Дорожный знак», по итогам формирования составного кода

Пример формирования составных кодовых обозначений для элементов тестовой ЦИМ представлен в таблице 4.2.7.1.

¹⁸ Например, в случае, когда для передачи данных из ЦИМ, программный модуль на стороне «принимающего» программного продукта может обрабатывать только один атрибут для каждого из элементов модели.

Таблица 4.2.7.1 – Составные кодовые обозначения для элементов тестовой ЦИМ

№ п.	Элемент	Класс СИ	Код типа класса	Код продукта многоуровневый	Функциональный код мног-вый	Место расп-ния	Составной код
1	ЖБ свая промежуточной опоры	<i>Com</i>		<i>-A01.AB01.BB02.ULC027</i>			<i><Com>-01.AB01.BB02.ULC027</i>
2	Дорожный знак	<i>Com</i>	<i>%PHD01</i>		<i>=T01.ME01.PHD008</i>		<i><Com>=T01.ME01.PHD008/ %PHD01</i>
3	Балка барьерного ограждения	<i>Com</i>	<i>%ULE03</i>		<i>=P01.PJ02.ULE025</i>		<i><Com>=P01.PJ02.ULE025/ %ULE03</i>
4	Опора наружного освещения	<i>Com</i>	<i>%EAA01</i>		<i>=Q01.HH01.EAA02</i>	<i>+++PK3p54.R.6, 5 +U01.BP01.BN03.ULK01</i>	<i><Com>=Q01.HH01.EAA02/ +++PK3p54.R.6, 5/ +U01.BP01.BN03.ULK01/ %EAA01</i>
5	ЖБ плита пролетного строения	<i>Com</i>	<i>%ULK01</i>	<i>-C01.BP01.BN03.ULK01</i>			<i><Com>-C01.BP01.BN03.ULK01/ %ULK01</i>
6	Дорожная одежда проезжей части	<i>TeS</i>	<i>%AA01</i>	<i>-U01.BQ01.AA01</i>			<i><TeS>-U01.BQ01.AA01 /%AA01</i>

Приложение А. Системная декомпозиция тестовой ЦИМ

Таблица А.1 Перечень систем тестовой ЦИМ

Рисунок А.1 – Конструкции комбинированных фундаментов

Рисунок А.2 – Конструкции промежуточных опор

Рисунок А.3 – Конструкции крайних опор

Рисунок А.4 – Опорные части

Рисунок А.5 – Деформационные швы

Рисунок А.6 – Конструкции пролетных строений

Рисунок А.7 – Сопряжение мостов с подходами

Рисунок А.8 – Конструкции мостового полотна

Рисунок А.9 – Система ливневой канализации

Рисунок А.10 – Система электроснабжения

Рисунок А.11 – Перильные ограждения

Рисунок А.12 – Ограждение проезжей части

Рисунок А.13 – Система наружного освещения

Рисунок А.14 – Дорожные знаки

Таблица А.1 – Перечень систем тестовой ЦИМ

Код системы	Код под-системы 1 уровня	Код под-системы 2 уровня	Наименование класса системы	Код типа	Наименование типа системы	Полный код системы
-A01	-AB01		Наземная система	%A01	Свайное основание	-A01/%A01
			Фундаментные конструкции	%%AB50	Конструкции комб-ных фунда-ов	-A01.AB01/%%AB50
		-BB01	Несущие конструкции фундамента	%%BB30	Плитные фундаменты	-A01.AB01.BB01/%%BB30
		-BB02	Несущие конструкции фундамента	%%BB40	Свайные фундаменты	-A01.AB01.BB02/%%BB40
-B01			Стеновая система	%%B60	Опорная система	-B01/%%B60
		-BL01	Конструкции мостовых опор	%%BL10	Конструкции промежуточных опор	-B01.BL01/%%BL10
		-BL02	Конструкции мостовых опор	%BL01	Конструкции крайних опор	-B01.BL02/%BL01
		-BH01	Направляющие и опорные конструкции	%BH01	Опорные части	-B01.BH01/%BH01
-C01			Система перекрытий	%%C30	Система перекрытий пролетных стр.	-C01/%%C30
		-BN01	Специальная конструктивная система	%BN01	Деформационные швы	-C01.BN01/%BN01
		-BP01	Конструкции пролетных строений			-C01.BP01
		-BN02	Специальная конструктивная система	%BN02	Продольные несущие элементы	-C01.BP01.BN02/%BN02
		-BN03	Специальная конструктивная система	%BN03	Плита пролетного строения	-C01.BP01.BN03/%BN03
		-BN04	Специальная конструктивная система	%BN04	Сопряжение мостов с подходами	-C01.BN04/%BN04
-U01	-BQ01		Дорожная система			-U01
			Конструкции мостового полотна			-U01.BQ01
		-AA01	Дорожная одежда	%AA01	Дорожная одежда проезжей части	-U01.BQ01.AA01/%AA01
		-AA02	Дорожная одежда	%AA02	Дорожная одежда служ. проходов	-U01.BQ01.AA02/%AA02
=G01	=JD01		Система дренажа и удаления отходов			=G01
			Система отведения жидкостей	%%JD40	Система ливневой канализации	=G01.JD01/%%JD40
=K01	=HG01		Система электроэнергии	%%K20	Система распределения эл-гии	=K01/%%K20
			Система электроснабжения			=K01.HG01
=P01			Система охраны и обеспечения безопасности			=P01
		=PJ01	Система защиты людей	%PJ01	Перильные ограждения	=P01.PJ01/%PJ01
		=PJ02	Система защиты людей	%PJ02	Ограждение проезжей части	=P01.PJ02/%PJ02
=Q01	=HH01		Система освещения			=Q01
			Система освещения	%%HH100	Система наружного освещения	=Q01.HH01/%%HH100
=T01	=ME01		Система оснащения объектов транспорта			=T01
			Система обозначений	%ME01	Дорожные знаки	=T01.ME01/%ME01

КСИ Составной код#XNKC0004	<TeS>-A01.AB01/%%AB50
КСИ Код класса#XNKC0001	AB
КСИ Наименование класса#XNKC0002	Фундаментные конструкции
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	TeS
КСИ Функциональный код#XNKF0001	
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	
КСИ Код продукта#XNKP0001	-AB01
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	-A01.AB01
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	
КСИ Осевая привязка#XNKL0003	
КСИ Код типа класса#XNKT0001	%%AB50
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	Конструкции комбинированных фундаментов
...	

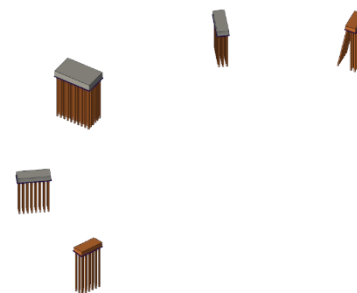


Рисунок А.1 – Конструкции комбинированных фундаментов
-A01.AB01/%%AB50

КСИ Составной код#XNKC0004	<TeS>-B01.BL01/%%BL10
КСИ Код класса#XNKC0001	BL
КСИ Наименование класса#XNKC0002	Конструкции мостовых опор
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	TeS
КСИ Функциональный код#XNKF0001	
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	
КСИ Код продукта#XNKP0001	-BL01
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	-B01.BL01
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	
КСИ Осевая привязка#XNKL0003	
КСИ Код типа класса#XNKT0001	%%BL10
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	Конструкции промежуточных опор
...	

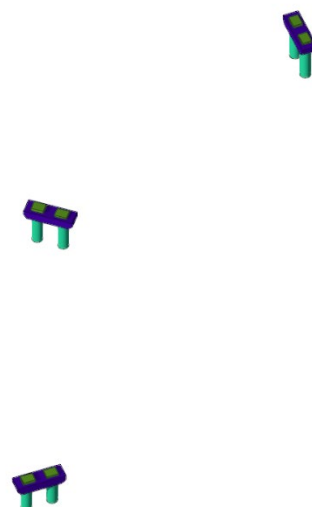


Рисунок А.2 – Конструкции промежуточных опор
-B01.BL01/%%BL10

КСИ Составной код#XNKC0004	<TeS>-B01.BL02/%BL01
КСИ Код класса#XNKC0001	BL
КСИ Наименование класса#XNKC0002	Конструкции мостовых опор
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	TeS
КСИ Функциональный код#XNKF0001	
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	
КСИ Код продукта#XNKP0001	-BL02
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	-B01.BL02
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	
КСИ Осевая привязка#XNKL0003	
КСИ Код типа класса#XNKT0001	%BL01
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	Конструкции крайних опор

Рисунок А.3 – Конструкции крайних опор
-B01.BL02/%BL01

КСИ Составной код#XNKC0004	<TeS>-B01.BH01/%BH01
КСИ Код класса#XNKC0001	BH
КСИ Наименование класса#XNKC0002	Направляющие и опорные конструкции
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	TeS
КСИ Функциональный код#XNKF0001	
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	
КСИ Код продукта#XNKP0001	-BH01
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	-B01.BH01
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	
КСИ Осевая привязка#XNKL0003	
КСИ Код типа класса#XNKT0001	%BH01
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	Опорные части

Рисунок А.4 – Опорные части
-B01.BH01/%BH01

КСИ Составной код#XNKC0004	<TeS>-C01.BN01/%BN01
КСИ Код класса#XNKC0001	BN
КСИ Наименование класса#XNKC0002	Специальная конструктивная система
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	TeS
КСИ Функциональный код#XNKF0001	
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	
КСИ Код продукта#XNKP0001	-BN01
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	-C01.BN01
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	
КСИ Осевая привязка#XNKL0003	
КСИ Код типа класса#XNKT0001	%BN01
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	Деформационные швы

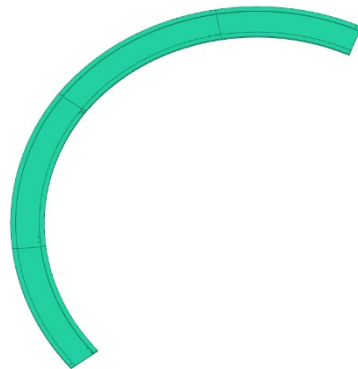
...

Рисунок А.5 – Деформационные швы
-C01.BN01/%BN01

КСИ Составной код#XNKC0004	<TeS>-C01.BP01
КСИ Код класса#XNKC0001	BP
КСИ Наименование класса#XNKC0002	Конструкции пролетных строений
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	TeS
КСИ Функциональный код#XNKF0001	
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	
КСИ Код продукта#XNKP0001	-BP01
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	-C01.BP01
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	
КСИ Осевая привязка#XNKL0003	
КСИ Код типа класса#XNKT0001	
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	

...

Рисунок А.6 – Конструкции пролетных строений
-C01.BP01



КСИ Составной код#XNKC0004	<TeS>-C01.BN04/%BN04
КСИ Код класса#XNKC0001	BN
КСИ Наименование класса#XNKC0002	Специальная конструктивная система
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	TeS
КСИ Функциональный код#XNKF0001	
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	
КСИ Код продукта#XNKP0001	-BN04
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	-C01.BN04
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	
КСИ Осевая привязка#XNKL0003	
КСИ Код типа класса#XNKT0001	%BN04
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	Сопряжение мостов с подходами

Рисунок А.7 – Сопряжение мостов с подходами
-C01.BN04/%BN04

КСИ Составной код#XNKC0004	<TeS>-U01.BQ01
КСИ Код класса#XNKC0001	BQ
КСИ Наименование класса#XNKC0002	Конструкции мостового полотна
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	<TeS>
КСИ Функциональный код#XNKF0001	
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	
КСИ Код продукта#XNKP0001	-BQ01
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	-U01.BQ01
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	
КСИ Осевая привязка#XNKL0003	
КСИ Код типа класса#XNKT0001	
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	

Рисунок А.8 – Конструкции мостового полотна
-U01.BQ01

КСИ Составной код#XNKC0004	<TeS>=G01.JD01/%%JD40
КСИ Код класса#XNKC0001	JD
КСИ Наименование класса#XNKC0002	Система отведения жидкостей
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	TeS
КСИ Функциональный код#XNKF0001	=JD01
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	=G01.JD01
КСИ Код продукта#XNKP0001	
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	
КСИ Осевая привязка#XNKL0003	
КСИ Код типа класса#XNKT0001	%JD40
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	Система ливневой канализации

Рисунок А.9 – Система ливневой канализации

=G01.JD01/%%JD40

КСИ Составной код#XNKC0004	<TeS>=K01.HG01
КСИ Код класса#XNKC0001	HG
КСИ Наименование класса#XNKC0002	Система электроснабжения
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	TeS
КСИ Функциональный код#XNKF0001	=HG01
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	=K01.HG01
КСИ Код продукта#XNKP0001	
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	
КСИ Осевая привязка#XNKL0003	
КСИ Код типа класса#XNKT0001	
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	

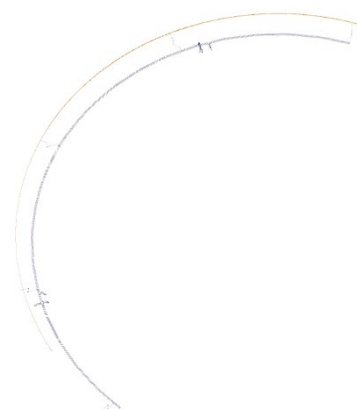


Рисунок А.10 – Система электроснабжения

=K01.HG01

КСИ Составной код#XNKC0004	<TeS>=P01.PJ01/%PJ01
КСИ Код класса#XNKC0001	PJ
КСИ Наименование класса#XNKC0002	Система защиты людей
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	TeS
КСИ Функциональный код#XNKF0001	=PJ01
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	=P01.PJ01
КСИ Код продукта#XNKP0001	
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	
КСИ Осевая привязка#XNKL0003	
КСИ Код типа класса#XNKT0001	%PJ01
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	Перильные ограждения

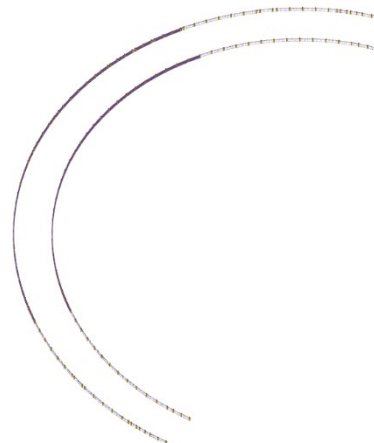


Рисунок А.11 – Перильные ограждения

=P01.PJ01/%PJ01

КСИ Составной код#XNKC0004	<TeS>=P01.PJ02/%PJ02
КСИ Код класса#XNKC0001	PJ
КСИ Наименование класса#XNKC0002	Система защиты людей
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	TeS
КСИ Функциональный код#XNKF0001	=PJ02
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	=P01.PJ02
КСИ Код продукта#XNKP0001	
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	
КСИ Осевая привязка#XNKL0003	
КСИ Код типа класса#XNKT0001	%PJ02
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	Ограждение проезжей части

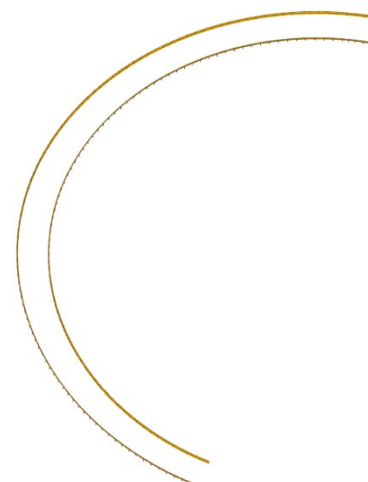


Рисунок А.12 – Ограждение проезжей части

=P01.PJ02/%PJ02

КСИ Составной код#XNKC0004	<TeS>=Q01.HH01/%%HH100
КСИ Код класса#XNKC0001	HH
КСИ Наименование класса#XNKC0002	Система освещения
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	TeS
КСИ Функциональный код#XNKF0001	=HH01
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	=Q01.HH01
КСИ Код продукта#XNKP0001	
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	
КСИ Осевая привязка#XNKL0003	
КСИ Код типа класса#XNKT0001	%%HH100
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	Система наружного освещения

Рисунок А.13 – Система наружного освещения
=Q01.HH01/%%HH100

КСИ Составной код#XNKC0004	<TeS>=T01.ME01/%ME01
КСИ Код класса#XNKC0001	ME
КСИ Наименование класса#XNKC0002	Система обозначений
КСИ Класс строительной информации#XNKC0003	TeS
КСИ Функциональный код#XNKF0001	=ME01
КСИ Функциональный код многоуровневый# XNKF0002	=T01.ME01
КСИ Код продукта#XNKP0001	
КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	
КСИ Место расположения#XNKL0001	
КСИ Точка расположения#XNKL0002	
КСИ Осевая привязка#XNKL0003	
КСИ Код типа класса#XNKT0001	%ME01
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	Дорожные знаки

Рисунок А.14 – Дорожные знаки
=T01.ME01/%ME01

Приложение Б. Примеры практического применения системы кодирования КСИ

Б.1 Формирование пользовательских запросов

Б.2 Получение количественных показателей ЦИМ

Б.2.1 Получение количественных показателей ЦИМ из БД «*CADLib* Модель и Архив»

Б.2.2 Получение количественных показателей ЦИМ в «*CADLib* Модель и Архив»

Б.2.3 Получение количественных показателей ЦИМ в *Autodesk Navisworks*

Б.3 Структурирование данных ЦИМ

Б.3.1 Формирование структуры представления в «*CADLib* Модель и Архив»

Б.3.2 Формирование структуры представления в *Autodesk Navisworks*

Б.4 Проверка ЦИМ на нормативные требования

Б.4.1 Проверка величины заделки головы сваи

Б.4.2 Проверка марки стали для балок барьерного ограждения

Б.4.3 Проверка класса бетона для ЖБ плит пролетного строения

Б.1 Формирование пользовательских запросов

Одной из главных целей применения КСИ является реализация унифицированного способа извлечения данных из ИМ (вне зависимости от формата представления) и последующего их соотнесения с нормативными показателями (параметрами), регламентируемыми требованиями существующей базы нормативно-технической документации в строительстве. Унификация способа извлечения данных заключается в применении системы кодовых обозначений КСИ для элементов ИМ и последующем их использовании в формах запроса к ИМ со стороны механизмов доступа к данным (рисунок Б.1.1).

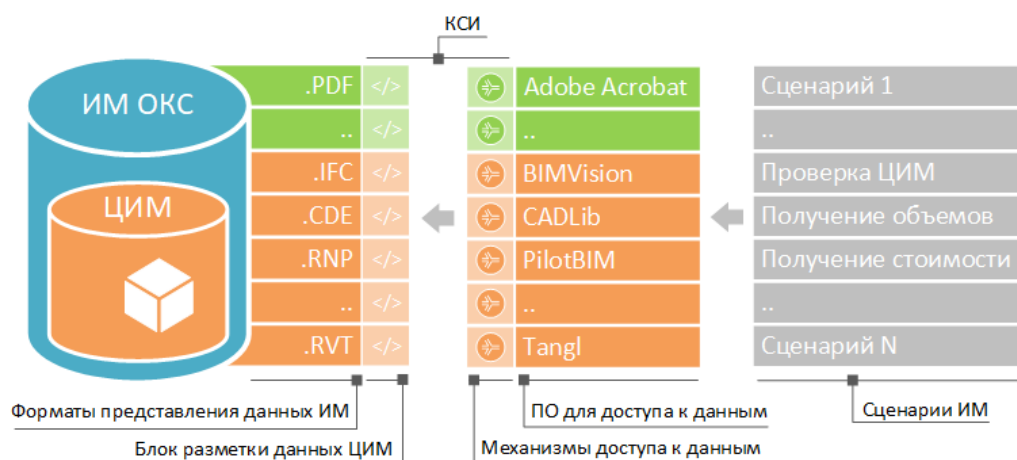


Рисунок Б.1.1 – Принципиальная схема применения КСИ при решении задач информационного моделирования

Реализация пользовательских запросов лежит в основе большинства сценариев применения ЦИМ: получение количественных показателей ЦИМ для формирования ведомостей объемов работ (п. Б.2), структурирование данных ЦИМ для удобства навигации по ЦИМ (п. Б.3), проверка ЦИМ на нормативные требования (п. Б.4) и прочие.

Механизмы формирования пользовательских запросов к данным ЦИМ во многом зависят от формата представления ЦИМ, применяемого программного обеспечения, и его функциональных возможностей (и ограничений).

В данном разделе описаны базовые принципы формирования пользовательских запросов в ПО «CADLib Модель и Архив», Navisworks, а также показаны примеры формирования запросов к БД проекта «CADLib Модель и Архив» с применением языка структурированных запросов SQL (MSSQL).

Б.2 Получение количественных показателей ЦИМ

Для демонстрации возможностей применения КСИ при формировании ведомостей объемов работ (ВОР) из ЦИМ, выбраны задачи, представленные в таблице Б.2.1.

Таблица Б.2.1 – Перечень задач по извлечению количественных показателей из ЦИМ

№ зад.	Формулировка задачи	Запрос к ЦИМ
1	Получение объема монолитного железобетона для вида работ «Укладка бетонной смеси при устройстве железобетонной плиты пролетного строения».	Получить суммарный объем всех плит пролетного строения.
2	Получение показателей объемов работ для вида работ «Монтаж барьерного ограждения»	Получить суммарное количество балок барьерного ограждения.
3	Получение показателей объемов работ для вида работ «Монтаж железобетонных свай».	Получить суммарное количество всех ЖБ свай.

Б.2.1 Получение количественных показателей ЦИМ из БД «CADLib Модель и Архив»

Для получения доступа к БД ЦИМ «CADLib Модель и архив», необходимо установить и запустить SSMS¹⁹, и сформировать соответствующий запрос к БД тестового проекта. На рисунке Б.2.1.1 приведен фрагмент схемы логической модели БД, на котором отображены таблицы *ObjectShadow*, *Parameters_STR*, и *ParamDefs*, используемые при формировании запросов.

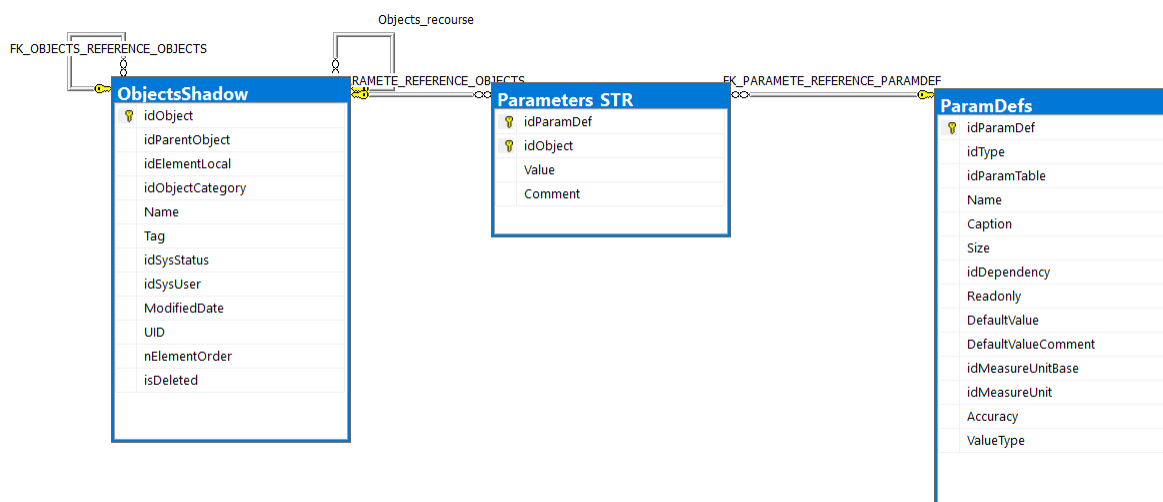


Рисунок Б.2.1 – Фрагмент схемы логической модели БД «CADLib Модель и Архив»

¹⁹ Для тестовой ЦИМ была развернута СУБД «MS SQL Server» и соответствующая ей система управления «Microsoft SQL Server Management Studio» (SSMS).

В таблице *ObjectShadow* находится системная информация об элементах модели (уникальный идентификатор, наименование, статус и проч.), первичный ключ *idObject* таблицы *ObjectShadow* используется для связи с таблицей *Parameters_STR*, в которой хранятся все строковые значения атрибутов элементов модели. Связывание значений атрибутов с их наименования (таблица *ParamDefs*) реализуется через ключ *idParamDef*.

На рисунках Б.2.2-4 показаны запросы к БД (согласно перечню задач из таблицы Б.2.1) и соответствующие им результаты.

```

SELECT att3.Value AS 'Тип', ROUND(SUM(CAST(att1.Value AS real)),1) AS 'Объем, (м3)'
FROM [Test_BIM_linear].[dbo].[ObjectsShadow] AS obj
INNER JOIN [Test_BIM_linear].[dbo].[Parameters_STR] AS att1 ON (att1.idObject = obj.idObject)
INNER JOIN [Test_BIM_linear].[dbo].[Parameters_STR] AS att2 ON (att2.idObject = obj.idObject AND att2.Value = '%ULK01')
INNER JOIN [Test_BIM_linear].[dbo].[Parameters_STR] AS att3 ON (att3.idObject = obj.idObject)
WHERE att1.idParamDef =
    (SELECT x1.idParamDef FROM [Test_BIM_linear].[dbo].[ParamDefs] AS x1 WHERE x1.Name LIKE '%XPG_0007') AND
    att2.idParamDef =
    (SELECT x1.idParamDef FROM [Test_BIM_linear].[dbo].[ParamDefs] AS x1 WHERE x1.Name LIKE '%XNKT0001') AND
    att3.idParamDef =
    (SELECT x1.idParamDef FROM [Test_BIM_linear].[dbo].[ParamDefs] AS x1 WHERE x1.Name LIKE '%XNKT0002')
GROUP BY att3.Value;

```

Тип	Объем, (м3)
Плита пролетного строения	476.5

Рисунок Б.2.2 – SQL-запрос на получение суммарного объема всех плит пролетного строения (476.5 м3)

```

SELECT att3.Value AS 'Тип', COUNT(att3.Value) AS 'Кол.'
FROM [Test_BIM_linear].[dbo].[ObjectsShadow] AS obj
INNER JOIN [Test_BIM_linear].[dbo].[Parameters_STR] AS att2 ON (att2.idObject = obj.idObject AND att2.Value = '%ULE03')
INNER JOIN [Test_BIM_linear].[dbo].[Parameters_STR] AS att3 ON (att3.idObject = obj.idObject)
WHERE att2.idParamDef =
    (SELECT x1.idParamDef FROM [Test_BIM_linear].[dbo].[ParamDefs] AS x1 WHERE x1.Name LIKE '%XNKT0001') AND
    att3.idParamDef =
    (SELECT x1.idParamDef FROM [Test_BIM_linear].[dbo].[ParamDefs] AS x1 WHERE x1.Name LIKE '%XNKT0002')
GROUP BY att3.Value;

```

Тип	Кол.
Балка барьерного ограждения	373

Рисунок Б.2.3 – SQL-запрос на получение суммарного количества балок барьерного ограждения (373 шт.)

```

SELECT att3.Value AS 'Тип', COUNT(att3.Value) AS 'Кол.'
FROM [Test_BIM_linear].[dbo].[ObjectsShadow] AS obj
INNER JOIN [Test_BIM_linear].[dbo].[Parameters_STR] AS att2 ON (att2.idObject = obj.idObject AND att2.Value = 'ULC')
INNER JOIN [Test_BIM_linear].[dbo].[Parameters_STR] AS att3 ON (att3.idObject = obj.idObject)
WHERE att2.idParamDef =
    (SELECT x1.idParamDef FROM [Test_BIM_linear].[dbo].[ParamDefs] AS x1 WHERE x1.Name LIKE '%XNKC0001') AND
    att3.idParamDef =
    (SELECT x1.idParamDef FROM [Test_BIM_linear].[dbo].[ParamDefs] AS x1 WHERE x1.Name LIKE '%XNKC0002')
GROUP BY att3.Value;

```

Тип	Кол.
Свая	144

Рисунок Б.2.4 – SQL-запрос на получение суммарного количества свай (144 шт.)

Таким образом, все сформированные запросы к БД оперируют исключительно кодами КСИ, без каких-либо привязок к форматам представления ЦИМ²⁰ и соответствующим им характерным атрибутам (внутренним классам).

Данная особенность применения системы кодовых обозначений КСИ позволяет обойти существующие ограничения в виде требований к форматам представления ЦИМ и внутренним классам этих форматов, в которых должны быть представлены те или иные элементы модели.

Б.2.2 Получение количественных показателей ЦИМ в «CADLib Модель и Архив»

Для получения необходимых количественных показателей ЦИМ (согласно таблице Б.2.1) в «CADLib Модель и Архив» необходимо воспользоваться инструментом «Редактор отчетов». На рисунках Б.2.2.1-7 показаны настройки редактора отчетов для задачи получения суммарного количества балок барьерного ограждения.

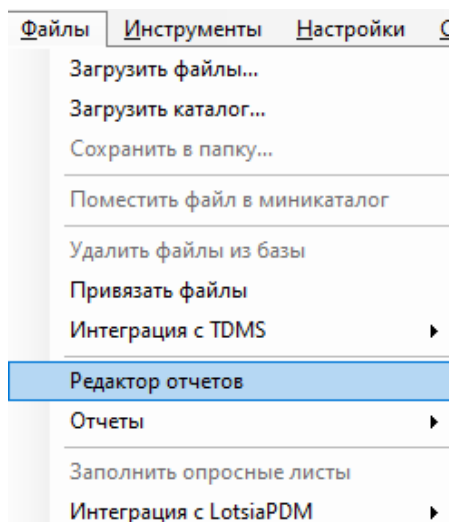


Рисунок Б.2.2.1 – Инструмент «Редактор отчетов» в «CADLib Модель и Архив»

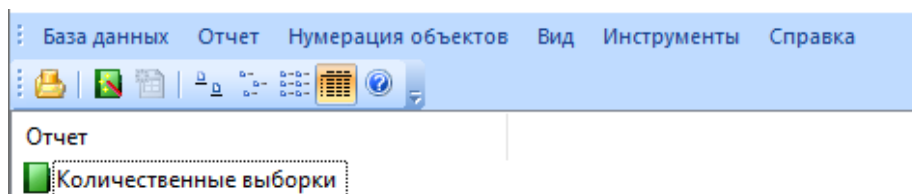


Рисунок Б.2.2.2 – Создание нового отчета в инструменте «Редактор отчетов»

²⁰ Изначальный формат разработки. *rvt* и последующий *.ifc* (по результатам экспорта из *Autodesk Navisworks*).

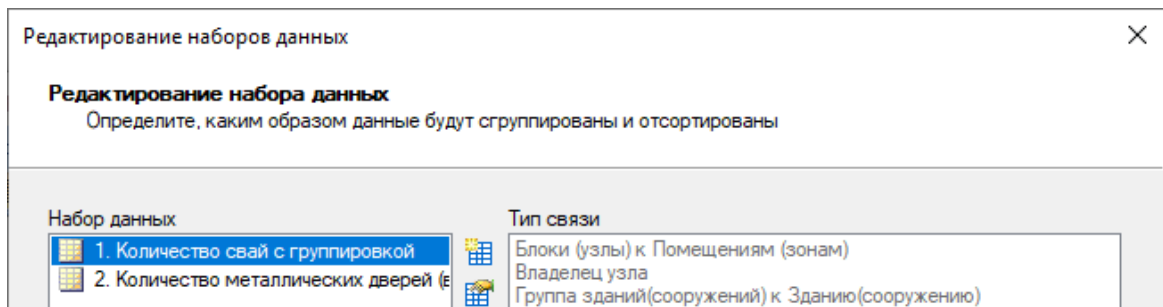


Рисунок Б.2.2.3 – Формирование наборов данных

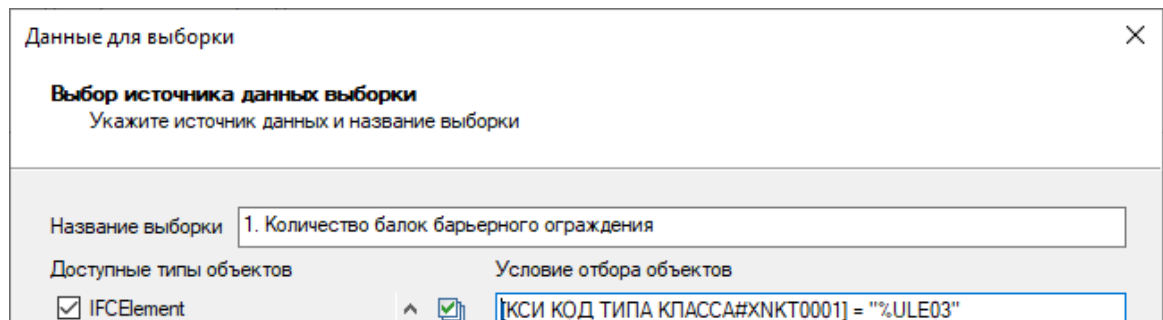


Рисунок Б.2.2.4 – Выбор источника данных для отчета

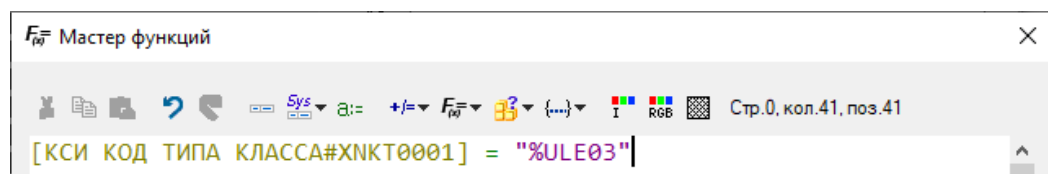


Рисунок Б.2.2.5 – Формирование строки выражения для отбора данных, используя инструмент «Мастер функций»

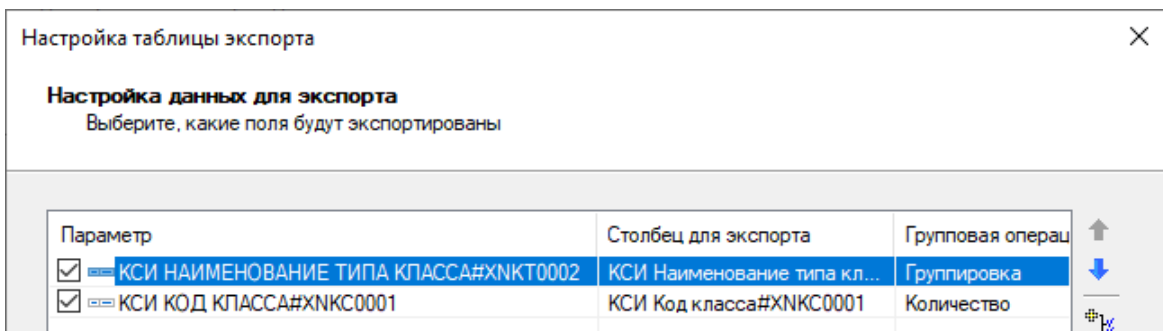


Рисунок Б.2.2.6 – Настройка параметров для таблицы экспорта

Количественные выборки	
КСИ Наименование типа класса#XNKT0002	КСИ Код класса#XNKC0001
Балка барьерного ограждения	373

Рисунок Б.2.2.7 – Содержимое отчета с результатами количественной выборки (согласно п. 2 таблицы Б.2.1)

Б.2.3 Получение количественных показателей ЦИМ в Autodesk Navisworks

Для получения количественных показателей ЦИМ (согласно таблице Б.2.1) в Autodesk Navisworks необходимо воспользоваться инструментом «Quantity TakeOff». На рисунках Б.2.3.1-7 показаны настройки для получения суммарного количества балок барьерного ограждения.

Категория	Свойство	Условие	Значение
Объект	КСИ Код типа класса#XNKT0001	=	%ULE03

Рисунок Б.2.3.1 – Задание условий поиска элементов модели в окне «Поиск элементов»

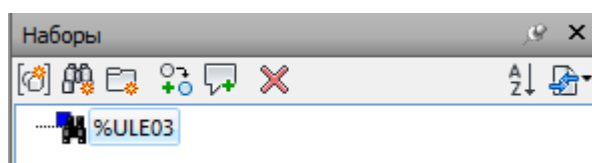


Рисунок Б.2.3.2 – Сохранение поискового набора «%ULE»

Настройка Quantification: выберите каталог

Выбрать каталог для упорядочения проекта выборки:

☒ Использовать каталог из списка

Нет
CSI-16
CSI-48
Unifomat

Рисунок Б.2.3.3 – Выбор каталога для WBS²¹

Элементы	WBS
Equipment & Furnishings	E
Special Construction & Demolition	F
Special Construction	F.10
Special Structures	F.10.10
Перильное ограждение 793543(1)	F.10.10.1
Перильное ограждение 793549(1)	F.10.10.2
Перильное ограждение 793555(1)	F.10.10.3

Рисунок Б.2.3.4 – Выборка элементов модели в отдельную группу «Special Structures²²»

²¹ WBS (Work Breakdown Structure) – структура распределения (разбивки) работ. Выбор конкретного вида WBS для данного примера не принципиален.

²² В данном примере, выбор конкретной группы из структуры Unifomat не имеет значения.

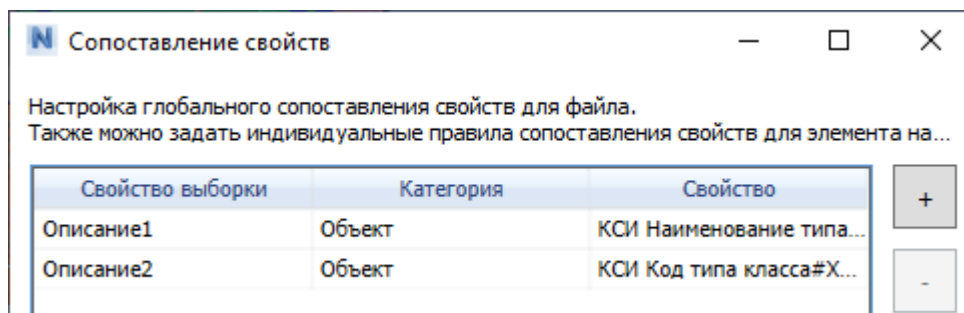


Рисунок Б.2.3.5 – Сопоставление свойств для элементов выборки

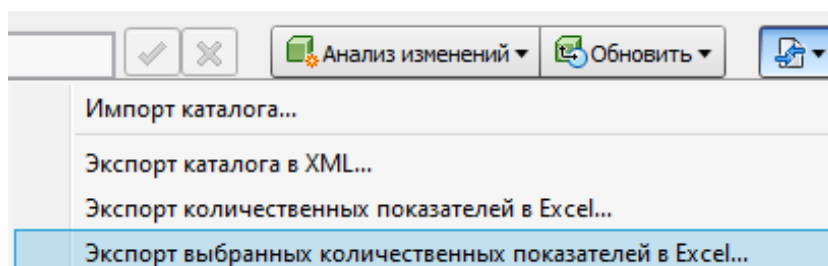


Рисунок Б.2.3.6 – Экспорт количественных показателей выборки в файл формата *MS Excel*

Названия строк	Количество
Special Construction & Demolition	
Special Construction	
Special Structures	373

Рисунок Б.2.3.7 – Содержимое отчета с результатами количественной выборки (согласно п. 2 таблицы Б.2.1)

Б.3 Структурирование данных ЦИМ

Формирование настраиваемых структур представления данных ЦИМ позволяет группировать элементы модели согласно признакам отбора (принадлежность к одному классу/системе, одинаковый материал, нахождение в общем пространстве и прочие). Применение структур представления ЦИМ значительно повышает эффективность работы с элементами модели и позволяет использовать сформированные в процессе структурирования поисковые запросы для решения таких прикладных задач, как: получение объемов работ, проверки ЦИМ и прочее.

В пп. Б 3.1-3.2 показаны примеры системной декомпозиции тестовой ЦИМ, согласно выделенным в Приложении А системам КСИ.

Б.3.1 Формирование структуры представления в «CADLib Модель и Архив»

Для создания пользовательской структуры представления ЦИМ, основанной на системах, выделенных по результатам системной декомпозиции модели (см. п. 4.2.1), в «CADLib Модель и Архив» применяется комбинация инструментов «Создать выборку» и «Создать классификатор». Процесс создания пользовательской структуры ЦИМ для функциональной системы «Фундамент» (-A01) отображен на рисунках Б.3.1.1-7.

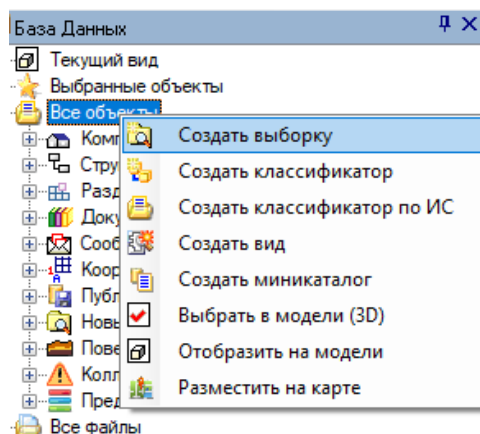


Рисунок Б.3.1.1 – Создание пользовательской выборки в БД проекта

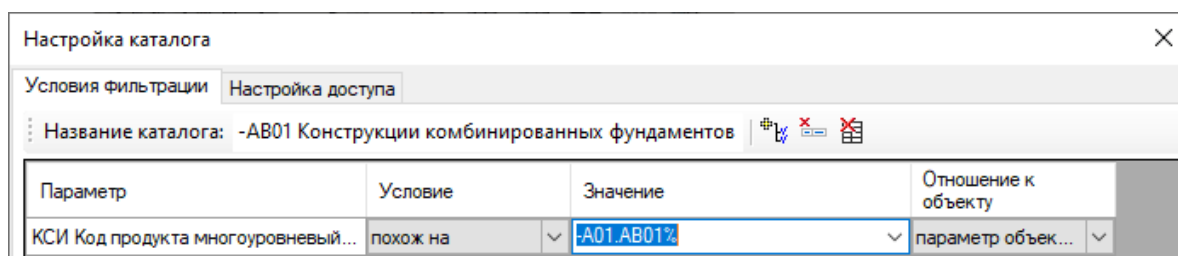


Рисунок Б.3.1.2 – Настройка условий фильтрации пользовательской выборки для системы «Конструкции комбинированных фундаментов»²³ -A01.AB01

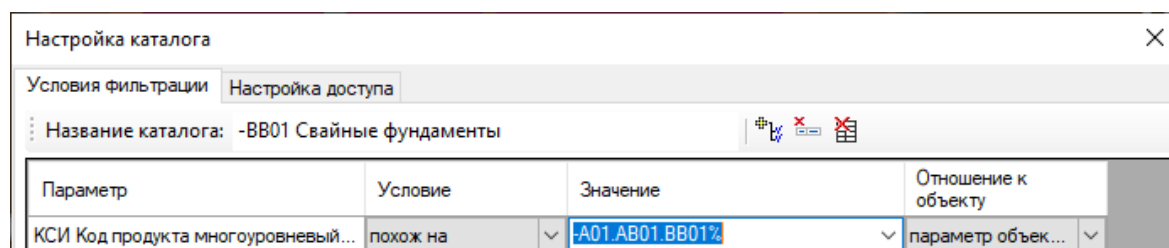


Рисунок Б.3.1.5 – Настройка условий фильтрации пользовательской выборки для системы «Плитные фундаменты» -A01.AB01.BB01

²³ Символ процента (%) в поле «Значение» не стоит путать с обозначением аспекта типа по КСИ. В данном случае он является спецсимволом и обозначает любое количество произвольных знаков после префикса '-A01.AB01'. В данном примере поисковое выражение '-A01.AB01%' может быть сокращено до '%.AB01%', более подробная информация о регулярных выражениях представлена в [3].

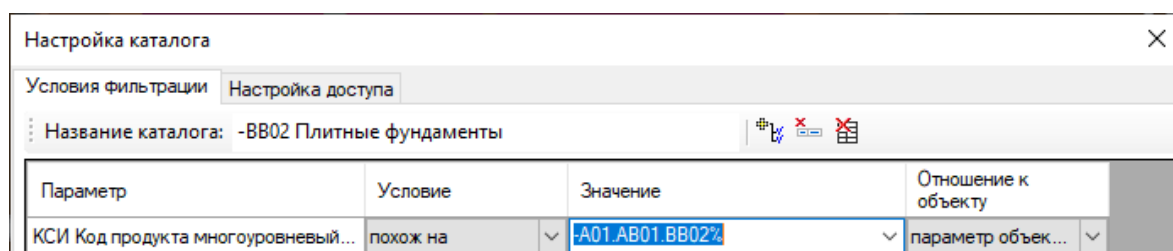


Рисунок Б.3.1.6 – Настройка условий фильтрации пользовательской выборки для системы «Свайные фундаменты» -A01.AB01.BB02

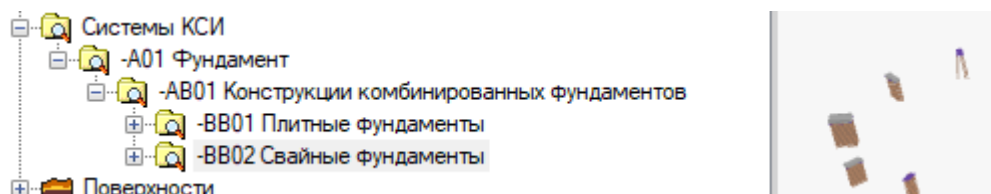


Рисунок Б.3.1.7 – Фрагмент структуры ЦИМ в БД проекта «CADLib модель и Архив» для функциональной системы «Фундамент» (-A01)

Б.3.2 Формирование структуры представления в Autodesk Navisworks

В Autodesk Navisworks механизм формирования структуры ЦИМ, также как и в «CADLib Модель и Архив» основан на формировании пользовательских запросов (поисковые наборы). Процесс создания пользовательской структуры ЦИМ для функциональной системы «Фундамент» (-A01) отображен на рисунках Б.3.2.1-6.

Категория	Свойство	Условие	Значение
Объект	КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	Подстановочный знак	-A01*

Рисунок Б.3.2.1 – Создание поискового набора для функциональной системы «Фундамент» (-A01)

Категория	Свойство	Условие	Значение
Объект	КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	Подстановочный знак	*.AB01*

Рисунок Б.3.2.2 – Создание поискового набора для функциональной системы «Конструкции комбинированных фундаментов» -A01.AB01

Категория	Свойство	Условие	Значение
Объект	КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	Подстановочный знак	*.BA01*

Рисунок Б.3.2.3 – Создание поискового набора для функциональной системы «Искусственное основание» -A01.AB01.BA01

Категория	Свойство	Условие	Значение
Объект	КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	Подстановочный знак	*.BB01*

Рисунок Б.3.2.4 – Создание поискового набора для функциональной системы «Плитные фундаменты» -A01.AB01.BB01

Категория	Свойство	Условие	Значение
Объект	КСИ Код продукта многоуровневый#XNKP0002	Подстановочный знак	*.BB02*

Рисунок Б.3.2.5 – Создание поискового набора для функциональной системы «Свайные фундаменты» -A01.AB01.BB02

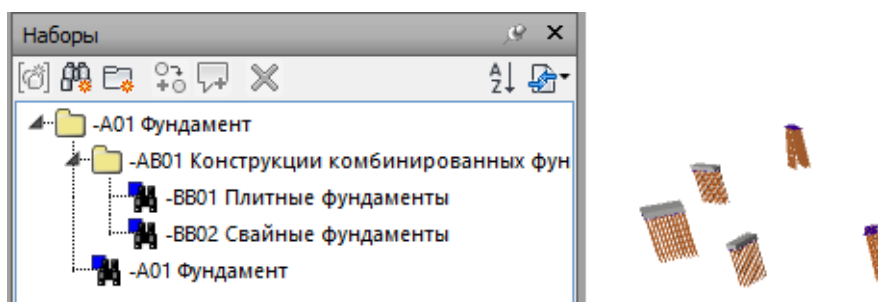


Рисунок Б.3.2.6 – Фрагмент структуры ЦИМ в Autodesk Navisworks для функциональной системы «Фундамент» (-A01)

Б.4 Проверка ЦИМ на нормативные требования

Реализация задач по проверке ЦИМ на предмет соответствия нормативным требованиям также базируется на механизме формирования пользовательских запросов с целью сопоставления значений параметров проверяемых элементов ЦИМ с нормируемыми значениями, согласно нормативной документации. Исключение составляет категория проверок, в той или иной степени задействующая геометрическое ядро применяемого ПО (проверка пересечений, «вложенности» и «смежности» для геометрического представления объектов модели и проч.)²⁴.

²⁴ Простейшие геометрические задачи (проверка нахождения точки внутри объема, получение координат геометрического центра объекта) могут быть решены на уровне запросов к БД (п. Б.2.1), например, за счёт применения хранимых процедур, в качестве исходных данных использующих данные о геометрическом представлении объектов модели (координаты вершин геометрической модели, координаты центра и прочее).

Для осуществления подобных проверок, помимо имеющихся значений атрибутивной информации, при помощи методов геометрического решателя²⁵ ПО вычисляются дополнительные параметры объектов, участвующие в реализации сценариев нормативных проверок, например: расстояние между поверхностями объектов, нахождение точек/линий пересечений и прочее.

Перечень нормативных проверок (см. таблицу 4.2.2.2), реализованных для тестовой ЦИМ с применением КСИ, приведен в таблице Б.4.1.

Таблица Б.4.1 – Перечень нормативных проверок тестовой ЦИМ

№ зад.	Формулировка требования	Запрос к ЦИМ
1	Сопряжение свайного ростверка со сваями допускается предусматривать как свободно опирающимся, так и жестким. Свободное опирание ростверка на сваи должно учитываться в расчетах условно как шарнирное сопряжение и при монолитных ростверках должно выполняться путем заделки головы сваи в ростверк на глубину 5-10 см.	Получить выборку свай, для которых значения параметра «Заделка головы сваи в ростверк, (см)#CPGU_0001» < 5 (см)
2	Секции балки следует изготавливать из стального гнутого профиля с размерами 312х83х4 (3) по настоящему стандарту, марка стали ВСтЗпс, ВСтЗкп по ГОСТ 380.	Получить выборку балок барьерного ограждения, для которых значения параметра «Марка стали#МРМ_0048» не равно «ВСтЗпс» или «ВСтЗкп»
3	Для конструкций мостов и труб следует применять тяжелый бетон классов по прочности на сжатие В20, В22,5, В25, В27,5, В30, В35, В40, В45, В50, В55 и В60. Бетон классов В22,5 и В27,5 следует предусматривать при условии, что это приводит к экономии цемента и не снижает других технико-экономических показателей конструкции. Бетон класса по прочности выше В60 (в том числе получаемый с помощью добавок, повышающих прочность) следует применять по техническим условиям. В зависимости от вида конструкций, их армирования и условий работы применяемый бетон должен соответствовать требованиям, приведенным в таблице 7.4.	Получить выборку плит пролетного строения, для которых класс бетона ниже В30 (проверка значений параметра «Класс бетона#МРМ_0042»)

²⁵ *Geometric Constraint Solver* – геометрический решатель САПР, более подробная информация представлена в [6].

Б.4.1 Проверка величины заделки головы сваи

Для осуществления проверок ЦИМ в «CADLib Модель и Архив» применяется соответствующий инструмент «Проверка коллизий». Настройки для профиля проверки на величину заделки головы сваи в тело ростверка приведены на рис. Б.4.1.1–6.

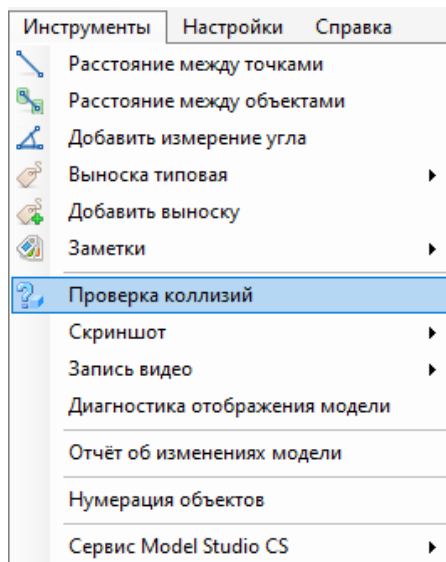


Рисунок Б.4.1.1 – Инструмент «Проверка коллизий» в «CADLib Модель и Архив»

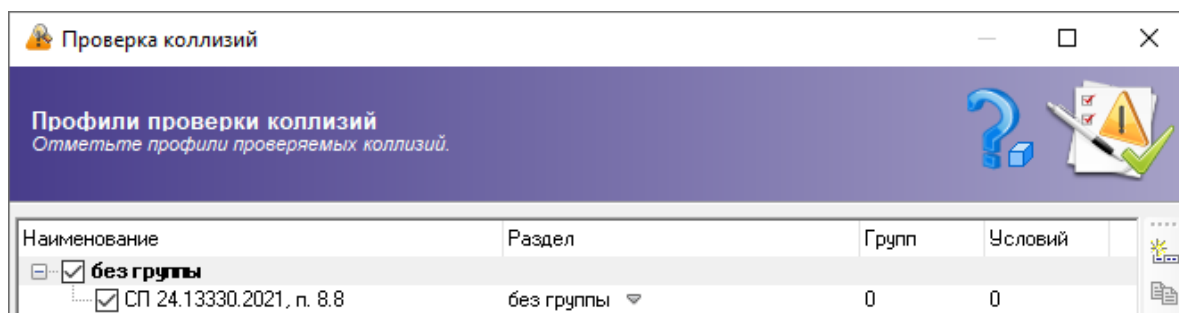


Рисунок Б.4.1.2 – Создание профиля проверки коллизий

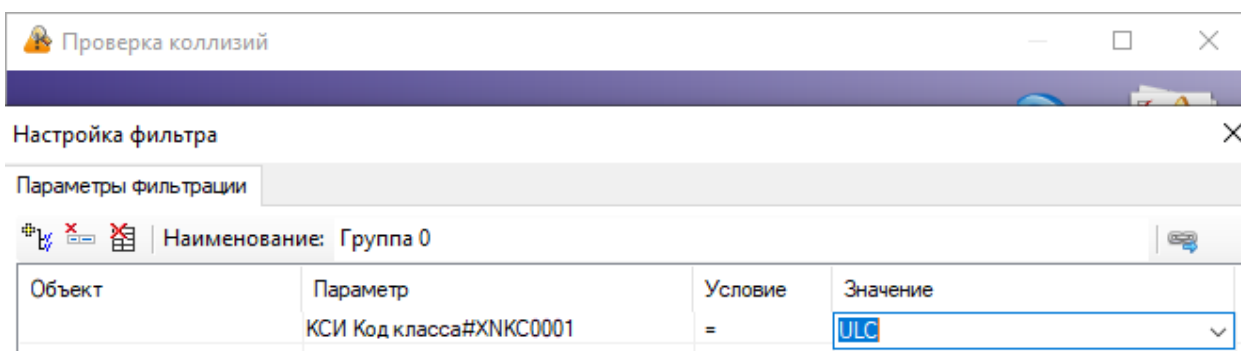


Рисунок Б.4.1.3 – Настройка фильтра для объектов проверки

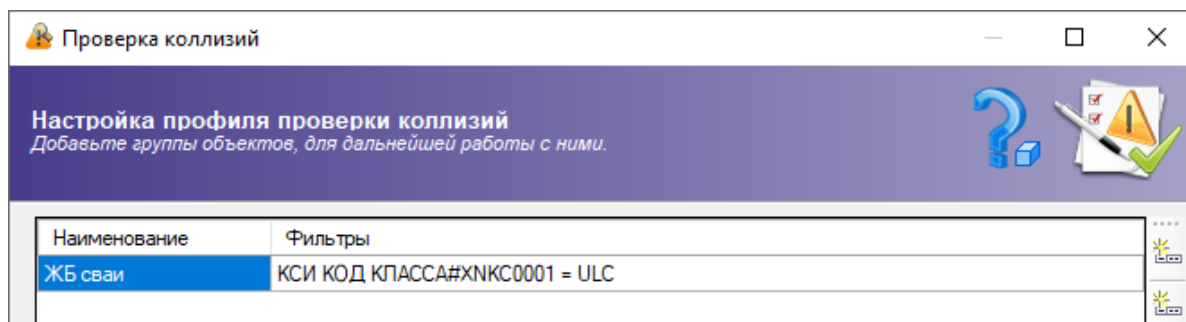


Рисунок Б.4.1.4 – Формирование групп объектов для проверки

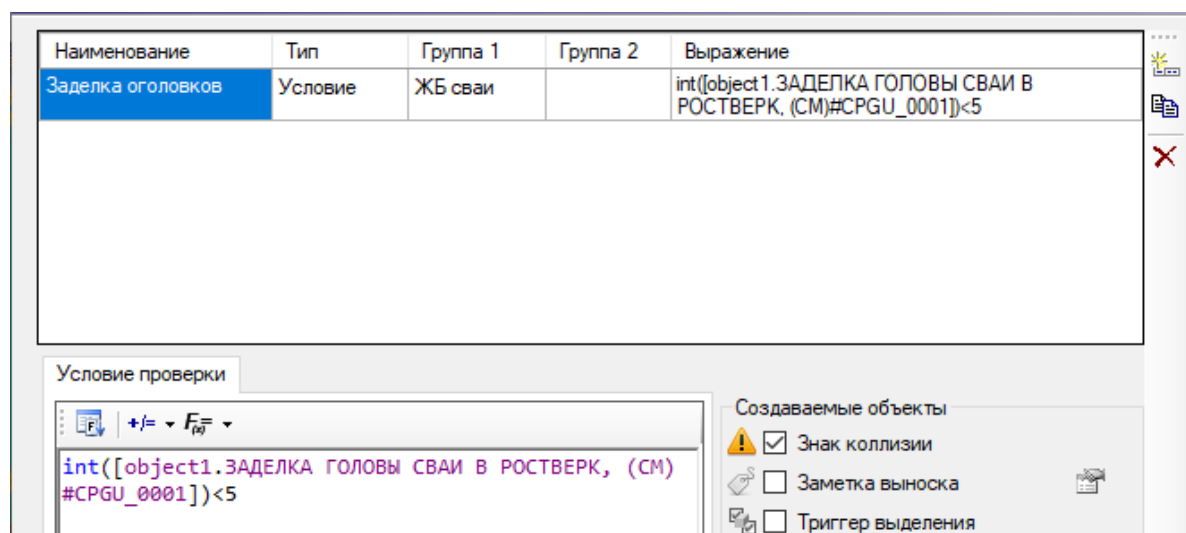


Рисунок Б.4.1.5 – Настройка условий проверки

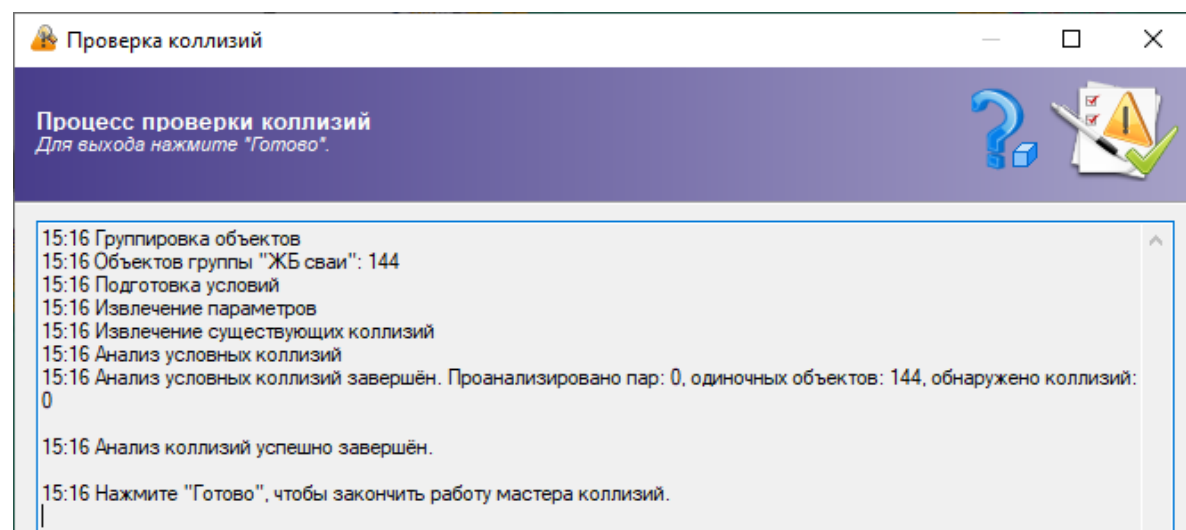


Рисунок Б.4.1.6 – Протокол проверки коллизий

Согласно протоколу проверки, в анализе участвовало 144 объекта (найденных по коду класса 'ULC'). По итогам анализа коллизий не выявлено.

Б.4.2 Проверка марки стали для балок барьерного ограждения

Настройки для проверки ЦИМ на нормируемые значения марок стали для балок барьерного ограждения в «CADLib Модель и Архив» отображены рис. Б.4.2.1–6.

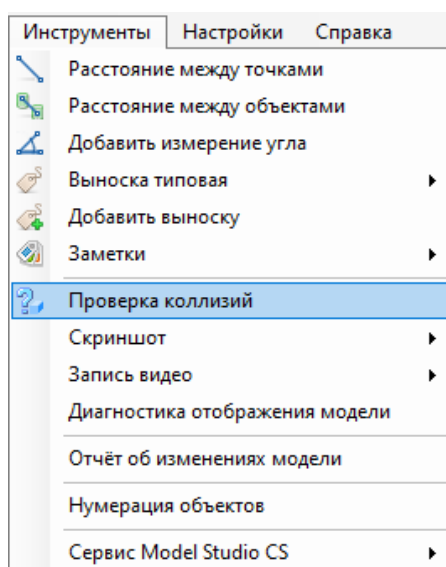


Рисунок Б.4.2.1 – Инструмент «Проверка коллизий» в «CADLib Модель и Архив»

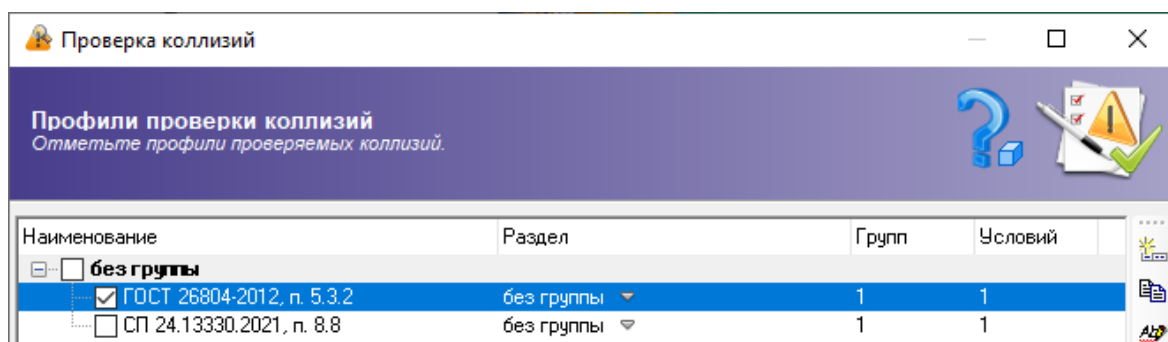


Рисунок Б.4.2.2 – Создание профиля проверки коллизий

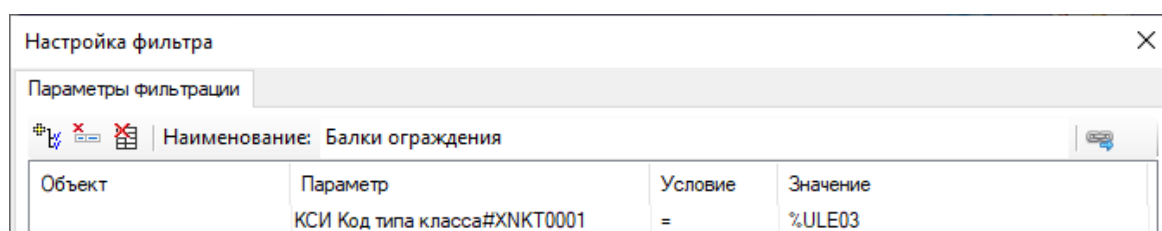


Рисунок Б.4.2.3 – Настройка фильтра для объектов проверки

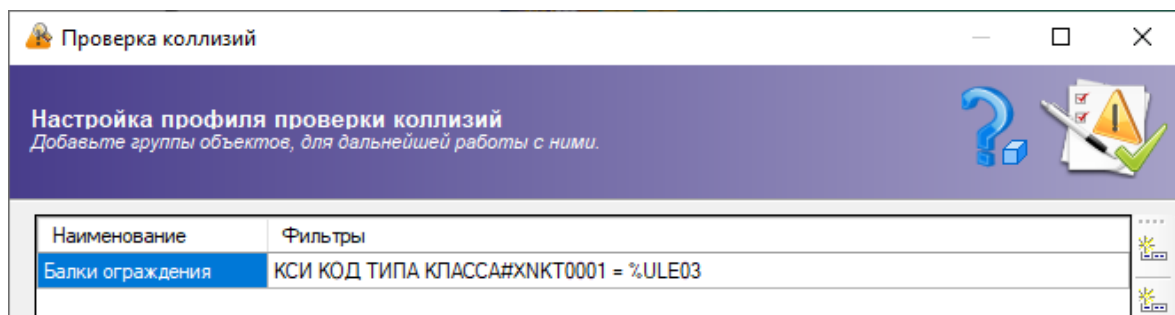


Рисунок Б.4.2.4 – Формирование групп объектов для проверки

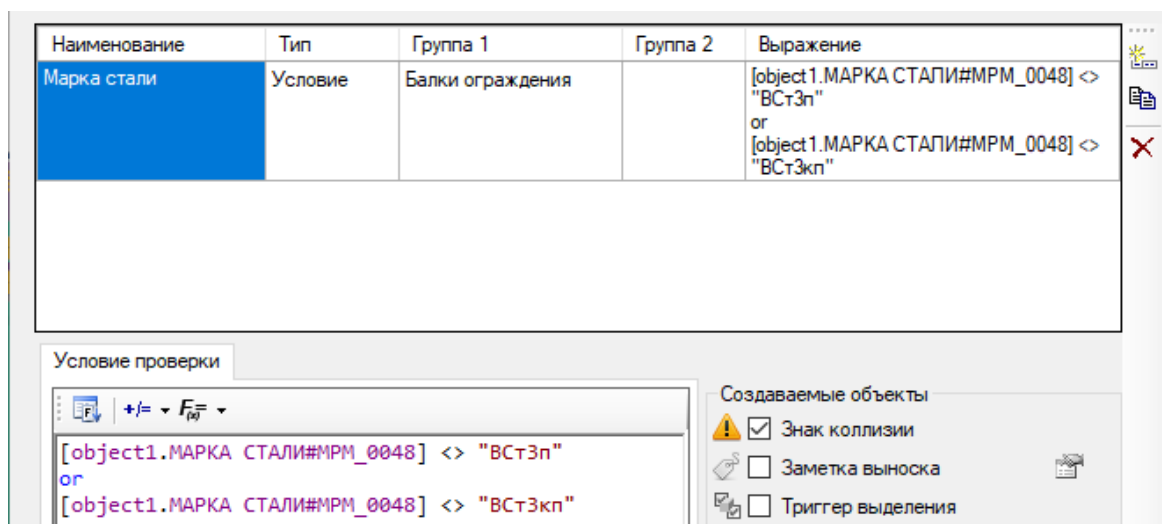


Рисунок Б.4.2.5 – Настройка условий проверки

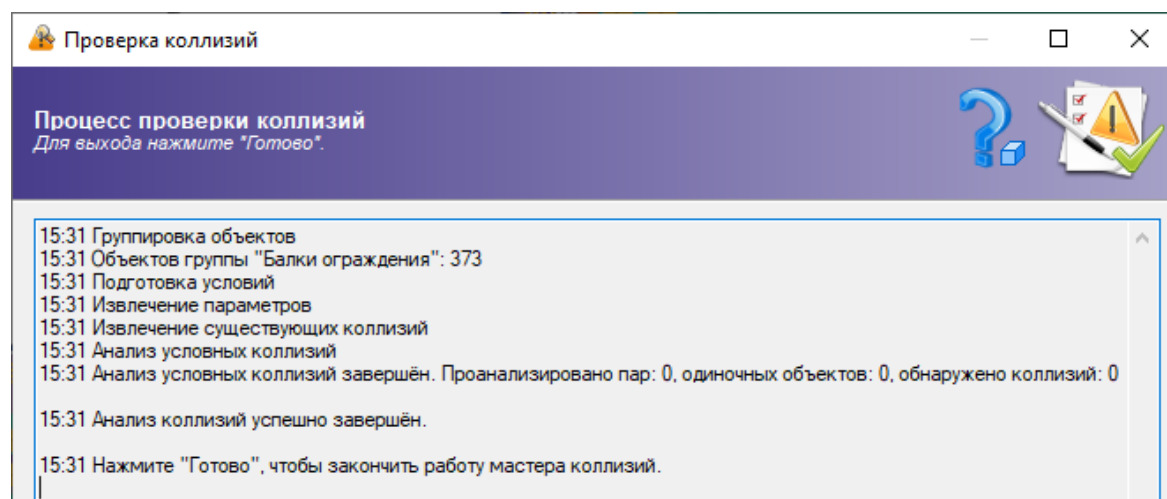


Рисунок Б.4.2.6 – Протокол проверки коллизий

Согласно протоколу проверки, в анализе участвовало 373 объекта (найденных по коду типа класса '%ULE03'). По итогам анализа коллизий не выявлено.

Б.4.3 Проверка класса бетона для ЖБ плит пролетного строения

Настройки для проверки ЦИМ на нормируемые значения класса бетона по прочности для плит пролетного строения в «CADLib Модель и Архив» отображены рис. Б.4.3.1–6.

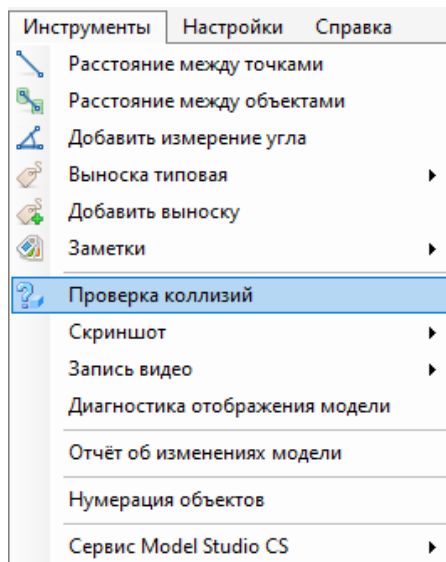


Рисунок Б.4.3.1 – Инструмент «Проверка коллизий» в «CADLib Модель и Архив»

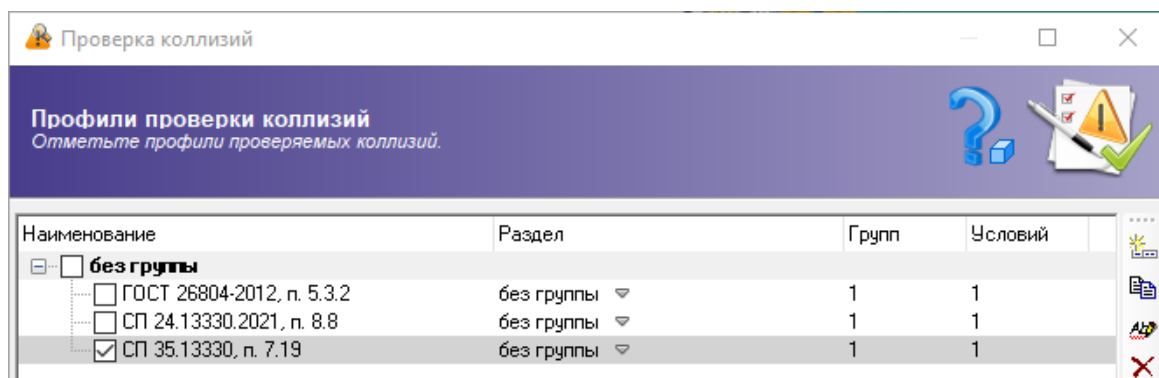


Рисунок Б.4.3.2 – Создание профиля проверки коллизий

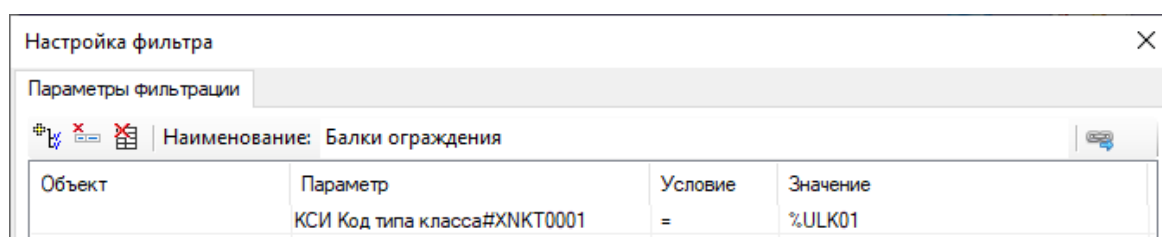


Рисунок Б.4.3.3 – Настройка фильтра для объектов проверки

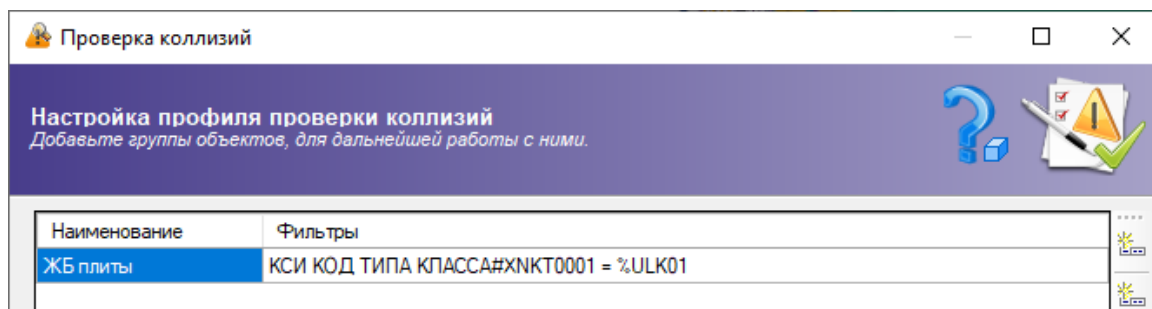


Рисунок Б.4.3.4 – Формирование групп объектов для проверки

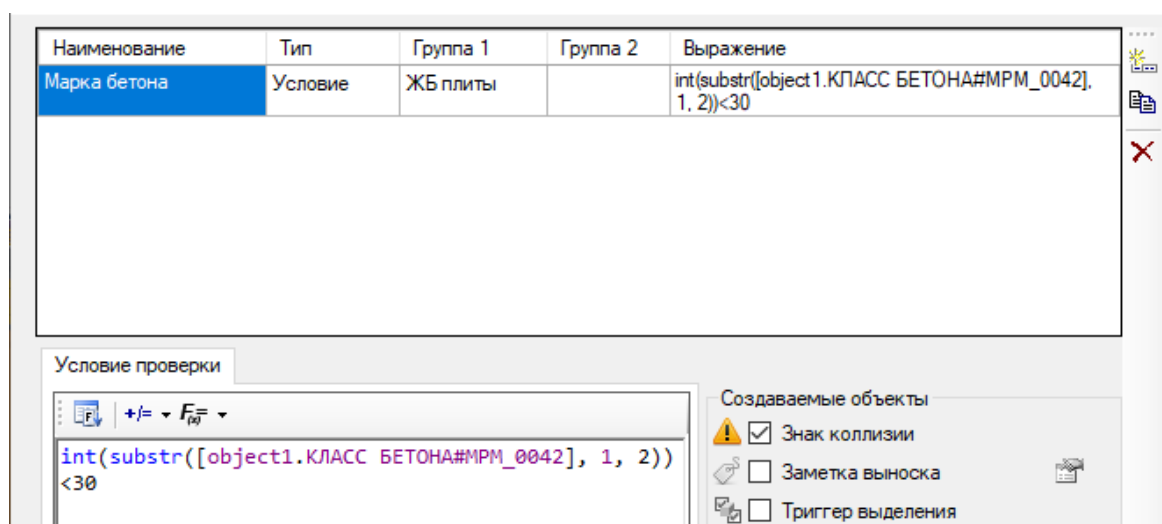


Рисунок Б.4.3.5 – Настройка условий проверки

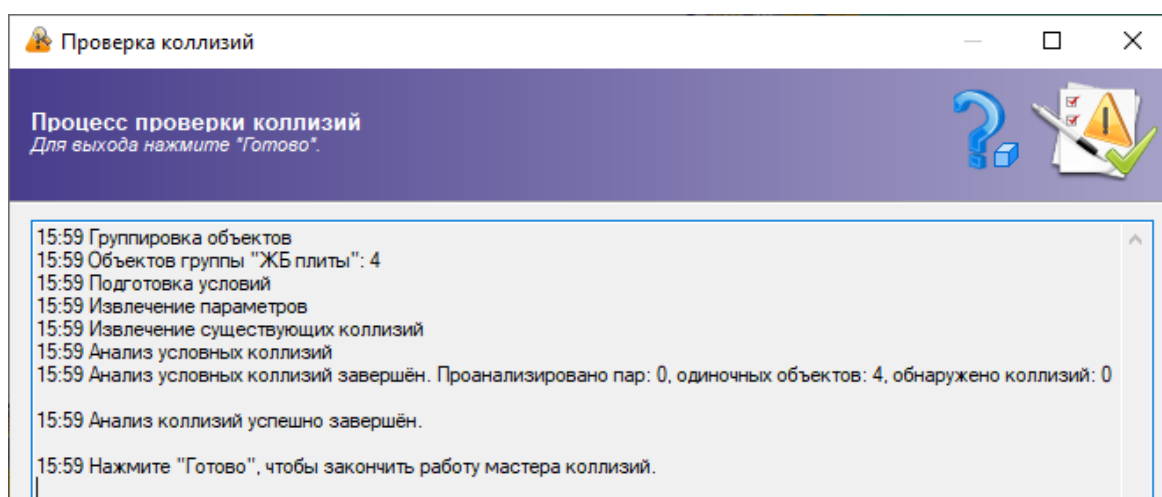


Рисунок Б.4.3.6 – Протокол проверки коллизий

Согласно протоколу проверки, в анализе участвовало 4 объекта (найденных по коду типа класса '%ULK01'). По итогам анализа коллизий не выявлено.

Приложение Г. Примеры классификации и кодирования элементов ЦИМ линейных ОКС

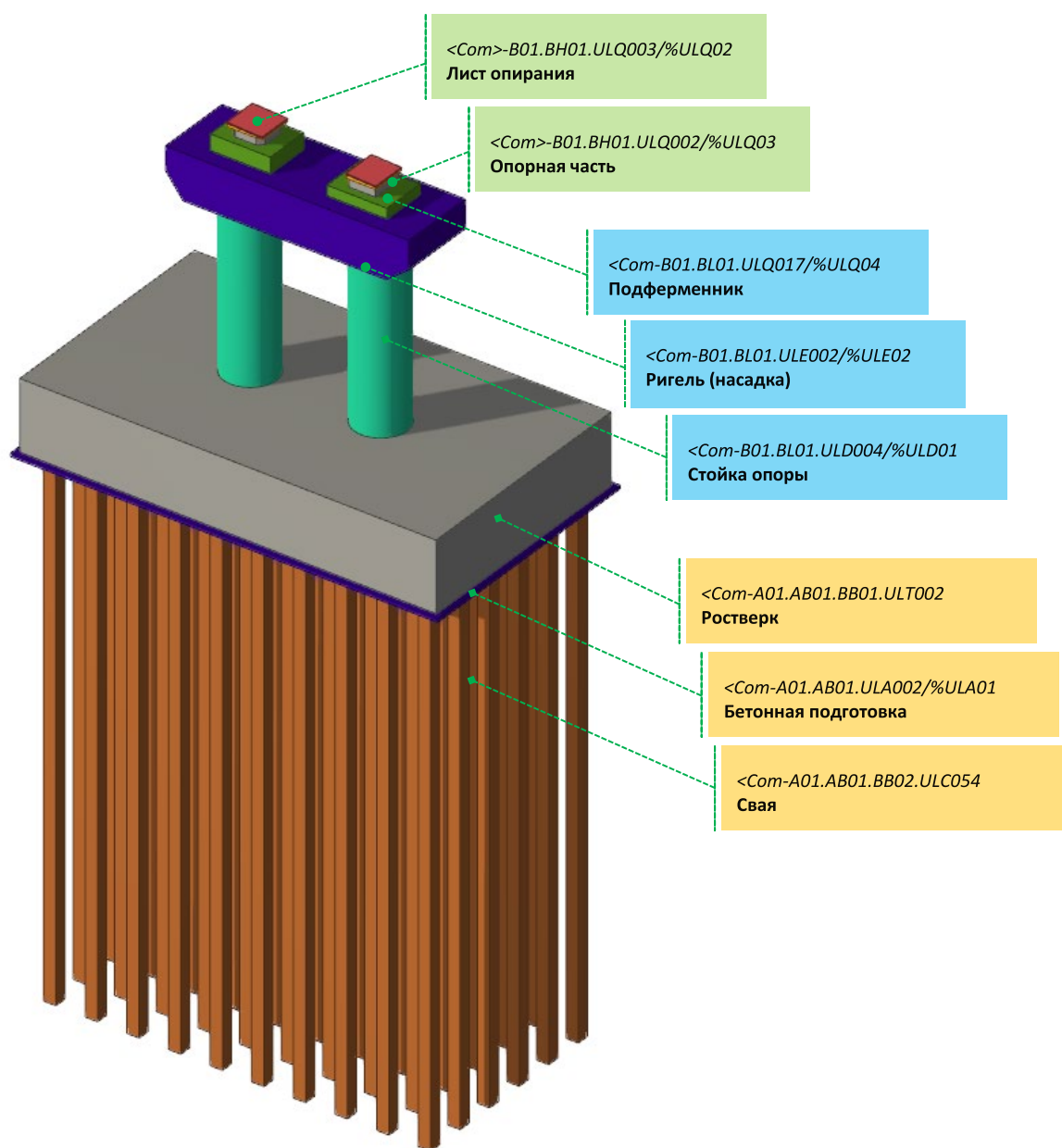


Рисунок Г.1 – Элементы тестовой ЦИМ для систем:

- Конструкции комбинированных фундаментов (`-A01.AB01/%%AB50`);
- Конструкции промежуточных опор (`-B01.BL01/%%BL10`);
- Опорные части (`-B01.BH01/%%BH01`).

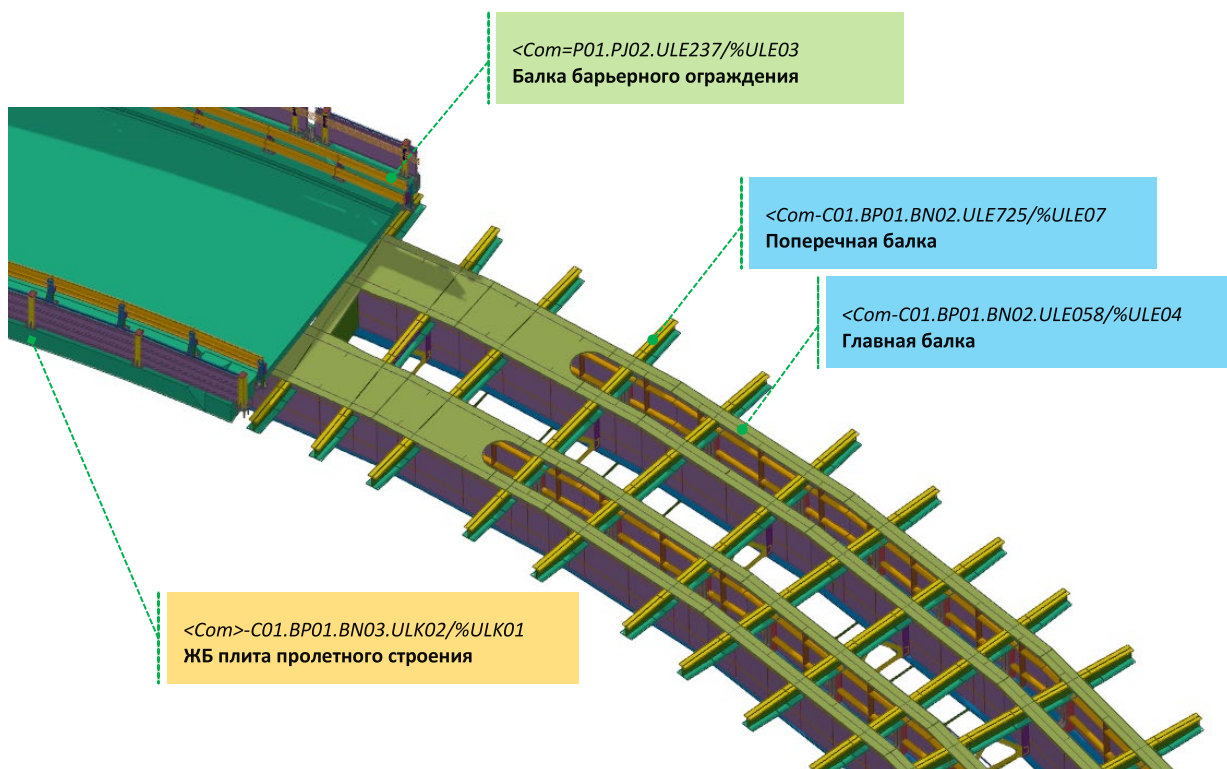


Рисунок Г.2 – Элементы тестовой ЦИМ для систем:

- Плита пролетного строения (`-C01.BP01.BN03/%BN03`);
- Продольные несущие элементы пролетного строения (`-C01.BP01.BN02/%BN02`);
- Ограждение проезжей части (`=P01.PJ02/%PJ02`).

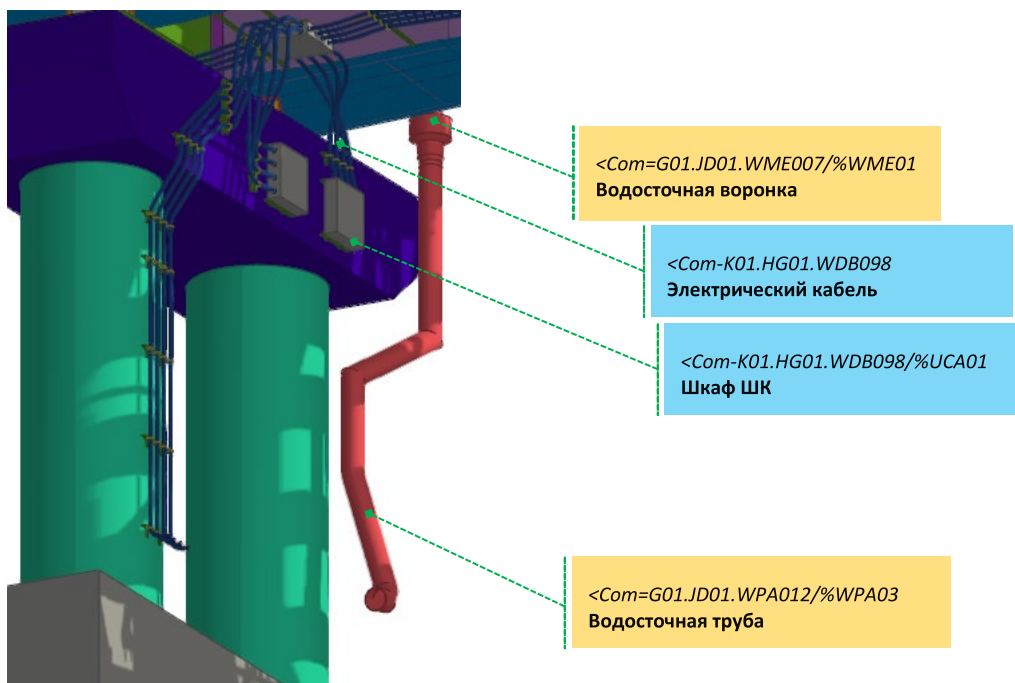


Рисунок Г.2 – Элементы тестовой ЦИМ для систем:

- Система ливневой канализации (`=G01.JD01/%JD40`);
- Система распределения электроэнергии (`=K01/%K20`).

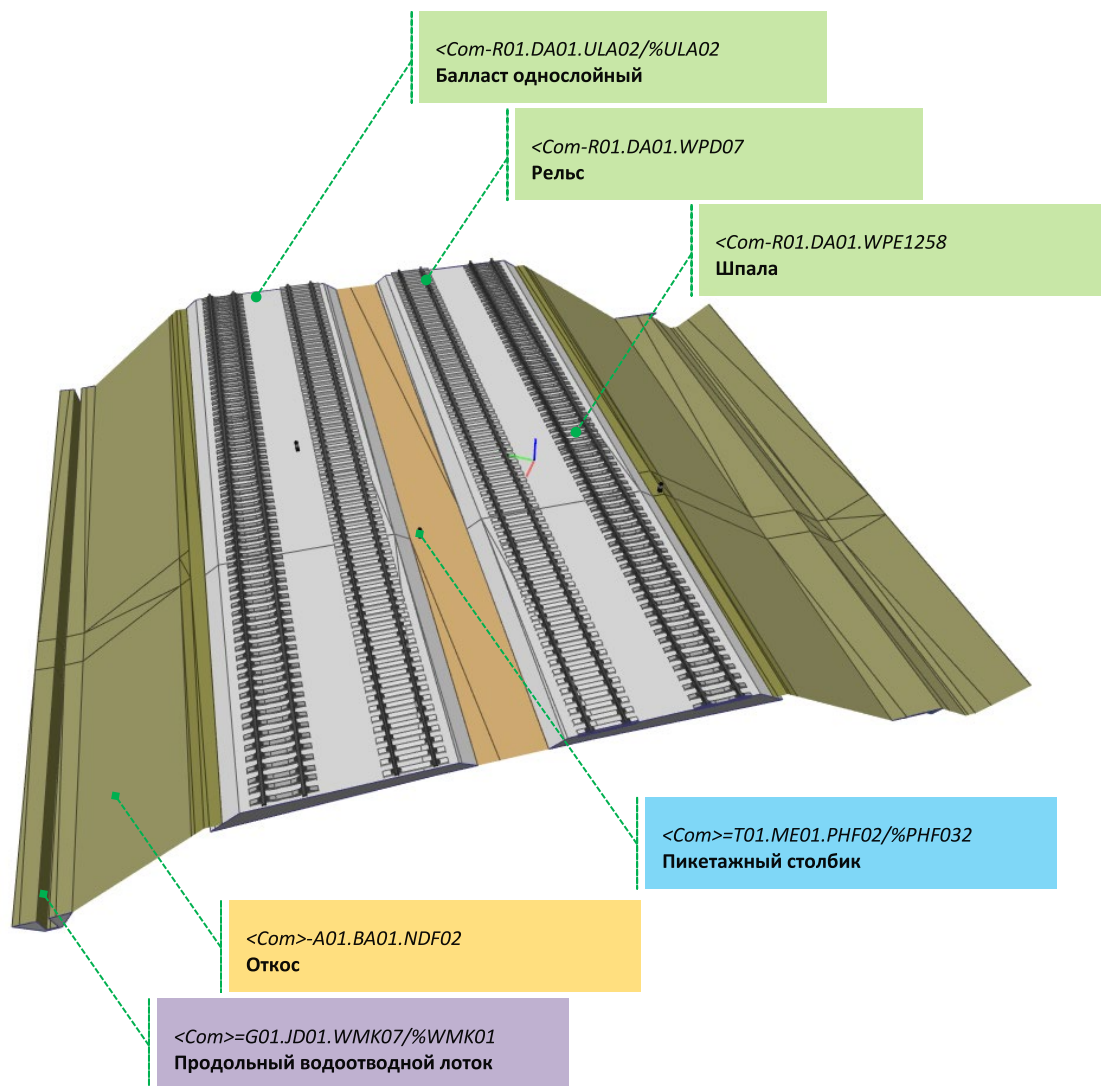


Рисунок Г.4.1 – Элементы верхнего и нижнего строений ЖД пути для систем:

- Нижнее строение пути (`-A01.BA01/%BA01`);
- Система водоотводных лотков (`=G01.JD01/%JD01`);
- Система обозначений (`=T01.ME01`);
- Конструкции балластных железнодорожных путей (`-R01.DA01`).

Системная декомпозиция для фрагмента ЖД пути с закодированными компонентами, приведена на рисунке Г.4.2.



Рисунок Г.4.2 – Системная декомпозиция для фрагмента ЖД пути (см. рисунок Г.4.1)

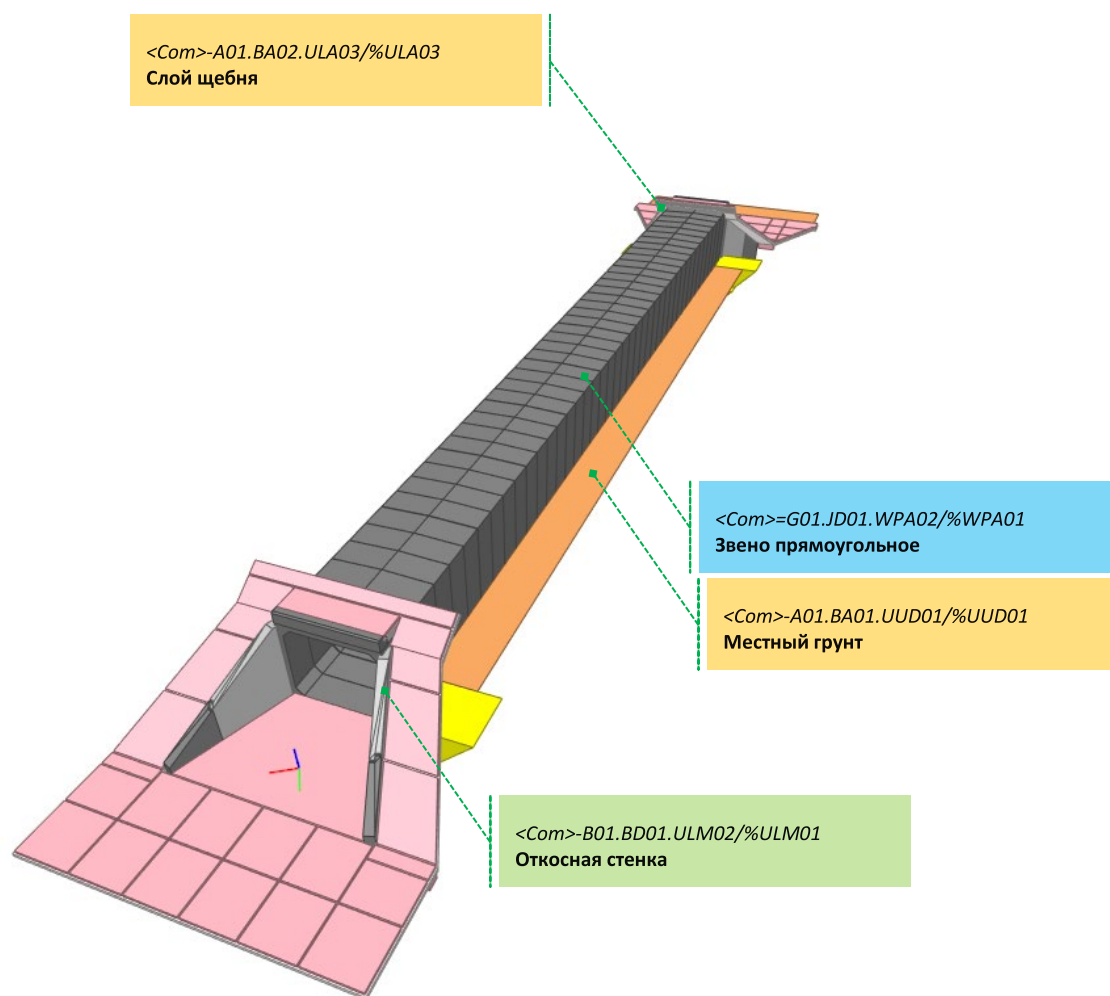


Рисунок Г.5 – Элементы водотока ЖД пути для систем:

- Основание (-A01/%%A01);
- Несущие конструкции стены (=B01.BD01);
- Система отведения жидкостей (=G01.JD01).

Список использованных источников

- [1] ФАУ "ФЦС", Классификация и кодирование информационных моделей объектов капитального строительства. Основные положения, Москва, 2024.
- [2] Д. Э. Х. Альфред В. Ахо, Структуры данных и алгоритмы, Москва: Издательский дом "Вильямс", 2010.
- [3] С. Л. Ян Гойвертс, Регулярные выражения. Сборник рецептов, 2-е издание, СПб: Символ-Плюс, 2016.
- [4] С. Скиена, Алгоритмы. Руководство по разработке, СПб: БХВ-Петербург, 2014.
- [5] А. Е. А.А. Белайчук, Свод знаний по управлению бизнес-процессами: BPM СВОК 3.0, Москва: Альпина Паблишер, 2016.
- [6] D. R. Beat Brüderlin, Geometric Constraint Solving and Applications, Berlin: Springer, 1998.