

Цифровой инжиниринг в строительстве

2022/23 учебный год

Инженерный тур

Общая информация

Задача инженерного тура заключается в создании и адаптации информационной модели здания на основе автоматизированного анализа эффективности проектного решения с учетом требований строительства и эксплуатации здания.

Легенда задачи

Проектирование и строительство зданий представляет собой сложную систему взаимодействия участников в ходе обмена информацией, ее обработки и принятия проектных, управленческих, логистических и других решений. Команда финалистов работает над задачей выделенного производственного участка в контексте проектирования здания школы.

Требования к команде и компетенциям участников

Количество участников в команде: 4.

Компетенции, которыми должны обладать члены команды:

- Инженер-конструктор — технологии информационного моделирования: моделирование элементов, сборка модели, экспорт в IFC.
- Инженер-конструктор — инженерные расчеты и моделирование.
- Программист — интеграция алгоритмов в САПР.
- Программист — расчеты эффективности проектного решения, анализ IFC файлов.

Оборудование и программное обеспечение

Каждой команде предоставляется 4 графических станции со следующими характеристиками: Intel Core i5-11400, ОЗУ: 16 Гб с частотой DDR4 2400 МГц.

Видео: GeForce GTX 1650 с поддержкой OpenGL 4.0, DirectX 11.

ОС: 64-разрядная версия Microsoft Windows 10.

Программное обеспечение:

Наименование	Описание
Программное обеспечение: Aскон Renga/Autodesk Revit	Информационное моделирование объектов капитального строительства

Наименование	Описание
Программное обеспечение: Динамо или Python (PythonShell/pyRevit)/C#, среда разработки под используемый язык программирования	Программирование

Описание задачи

Задача заключается в создании и адаптации информационной модели здания на основе автоматизированного анализа эффективности проектного решения с учетом требований, указанных у задания. Для решения данной задачи предстоит создать и адаптировать ТИМ-модель здания, получить информацию об объекте, провести подбор и автоматизированные проверки качества проектного решения с учетом целевых показателей эффективности.

Этап 1. Сборка исходных данных в информационную модель здания

Сборка модели AP (архитектурные решения) + КР (конструктивные решения) по исходным данным

Данные предоставлены по ссылке: https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH--A/input_data.

Необходимо собрать исходную модель здания школы. Для этого необходимо выполнить следующее:

1. Создать файл в ТИМ-системе (Renga/Revit/Archicad) в котором расставить оси, задать угол поворота относительно севера и координаты точке пересечения осей А и 1 в соответствии с требованиями в таблице VI.2.1.
2. Импортировать в среду моделирования объекты из файлов:
 - модель железобетонного каркаса в формате IFC (КР);
 - модель внутренних перегородок, парапета и цоколя (АР).
3. Поставить все наружные стены без окон с толщиной 200 мм из любого материала.
4. Экспортировать полученную модель в формат IFC.

Таблица VI.2.1: Координаты

С/Ю	13864460.0
В/З	14233570.0
Отм	138350.0
Угол от истинного севера	342.810

На проверку предоставляется модель в проприетарном формате и в формате IFC. Требования к модели, представленной на проверку по результатам 1-го этапа:

- сформирован замкнутый контур здания;
- элементы исходных моделей размещены в геометрически правильном положении;

-
- заданы координаты точки пересечения осей А и 0;
 - выставлен угол поворота здания относительно истинного севера.

Исходные данные: https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH--A/input_data.

- Модель железобетонного каркаса в формате IFC (КР);
- Модель внутренних перегородок, парапета и цоколя в формате IFC (АР);
- Чертежи — планы этажей.

Организация совместной работы

Необходимо организовать совместную работу команду над проектом и предоставить отчет с описанием принципов и способа решения этой задачи.

На проверку предоставляется файл, в котором описано, как организована совместная работа, желательно с иллюстрациями (скрин) и схемами.

Экспорт данных из выданного IFC

Необходимо определить суммарный объем всех перегородок с параметрами ADSK. Предел огнестойкости экземпляра = REI240 и ADSK Этаж = 1 из выданного файла IFC АР.

Данная задачу задачу желательно решать с применением программирования (оценивается большим количеством баллов).

На проверку предоставляется:

- результат расчета в м³;
- архив, в котором содержатся: описание метода решения задачи, код (один или несколько) с необходимыми библиотеками, инструкция к коду.

Этап 2. Моделирование основных решений

Моделирование библиотечных элементов

Необходимо выполнить модели окон по предоставленным чертежам, представленным по ссылке: <https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH-A/Окна.pdf>.

Обязательно использование **только** приведенных типов окон.

Необходимо производить моделирование только тех типов окон, которые будут использованы в вашем проекте, но не менее 5 типов.

Требования к моделям:

- соответствие размеров и конфигурации чертежам;
- элементам назначен верный материал, указанный в характеристиках окон в файле по ссылке: <https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH-A/МатериалОкон.png>;
- элементы соответствуют требуемой категории.

На проверку предоставляется модели библиотечных элементов в проприетарном формате.

Моделирование наружных стен в соответствии с требованиями теплотехнического расчета

Для успешного выполнения задания необходимо:

1. Определить состав наружной стены, применяя материалы и допустимые толщины слоев стен, указанные в таблице VI.2.2.
2. Провести теплотехнический расчет согласно примеру теплотехнического расчета предоставленного по ссылке: <https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH-A/ТеплотехническийРасчет.pdf>.
Регион строительства: Москва, скорректировать толщину слоев.
3. Разместить в модели стены со слоями, определенными по результатам выполнения п. 1 и п. 2, не допуская выхода образования мостика холода.

Таблица VI.2.2: Характеристики материалов стен

Материал	Плотность, кг/м. куб.	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м°С)	Углеродный след, т/м ³	Стоимость, руб/м. куб.
Штукатурка гипсовая	800	0,3	0,134	3667,95
Блоки газобетонные Н+Н марки D300	380	0,098	0,160	4890,00
Блоки газобетонные Н+Н марки D400	400	0,12	0,140	5990,00
Кладка из Газобетонных блоков, на цементном вяжущем	400	0,15	0,170	4667,95
Кирпич сплошной глиняный обыкновенный на цементно-песчаном растворе	1800	0,81	0,320	3840,74
Плита минераловатная PAROC eXtra	30	0,041	0,027	3208,5
Минераловатный утеплитель Техновент Проф	70	0,054	0,045	5563,17
Минераловатный утеплитель Техновент Стандарт	80	0,046	0,063	6427,35
Плиты из каменной ваты	60	0,038	0,079	2986,7
Монолитный железобетон	2000	2,04	0,330	2010,2

Требования к моделям:

- корректное расположение наружных стен и замкнутый контур;
- отсутствие мостиков холода;
- соответствие пирога стены выполненному теплотехническому расчету.

На проверку предоставляется:

- теплотехнический расчет с описанием;
- модель/модели в проприетарной формате и формате IFC, к которой размещены — наружные стены, перегородки, перекрытия, колонны.

Расстановка окон в наружных стенах

Необходимо расставить окна в наружных стенах здания и обеспечить необходимый уровень естественной освещенности. Требуемые значения минимальной освещенности указаны в таблице VI.2.3. Расчет освещенности может быть произведен

командой в любом удобном для вас программном обеспечении, проверка организаторами производится в расчетном комплексе DIALux. Команда может отдать модели в формате IFC организаторам не более 2-х раз в течение дня.

Таблица VI.2.3: Требования по освещенности

№	Тип помещения и объект	Уровень освещенности E , лк
1	Классные кабинеты, лаборатории на поверхности рабочего стола	500
2	Кабинеты черчения и рисования на столах	500
3	Кабинеты информатики на столе	300
4	Мастерские по обработке металлов и древесины на станке	300
5	Кабинеты и комнаты преподавателей на столах	300
6	Спортивный и актовый залы на полу	200
7	Остальные помещения	100

На проверку предоставляется:

- модель/модели в проприетарной формате и формате IFC, к которой размещены наружные стены, перегородки, перекрытия, колонны и окна;
- расчет освещенности, выполненный командой.

Заполнение параметров

Для элементов стен: внутренние перегородки и стены необходимо создать и заполнить параметры указанные в таблице VI.2.4. Все указанные параметры должны присутствовать в модели в проприетарном формате с наименованиями и значениями, указанными в таблице. Автоматизация данного процесса с применением программирования принесет команде дополнительные баллы.

Таблица VI.2.4: Параметры

Наименование параметра	Имя параметра IFC	Тип	Примечание
Сопротивление теплопередаче	<code>NTO_ThermalResistance</code>	Число	Для стен, смоделированных единым элементом, указывается значение сопротивления теплопередаче, в $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$. В случае моделирования каждого слоя стены самостоятельным элементом, каждому слою стены присваивается его сопротивление теплопередаче, в $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$
Наружная	<code>NTO_IsExternal</code>	Булевый	Булево значение, указывающее, что стена является наружной
Тип	<code>NTO_WallType</code>	Текст	Указывается тип стены или перегородки. Значение выбирается из списка: <ul style="list-style-type: none"> • рядовая; • простенок; • парапет.

На проверку предоставляется:

- модель/модели в проприетарной формате;
- для всех решений с программированием — архив, в котором содержатся: описание метода решения задачи, код (один или несколько) с необходимыми библиотеками, инструкция к коду.

Выгрузка IFC

Необходимо сохранить модель в формате IFC с соблюдением следующих требований:

- в модели должны присутствовать параметры стен с наименованиями и значениями указанными в таблице VI.2.4;
- для данных элементов необходимо передать в формате IFC группу параметров. Наименование группы параметров: «`NTO_PsetCheck`»;
- стены и перегородки должны содержать в IFC верный класс и тип:
 - несущая стена `IfcWall.SOLIDWALL`;
 - перегородка `IfcWall.PARTITIONING`.

Автоматизация решения с применением программирования принесет команде дополнительные баллы.

На проверку предоставляется:

- модель/модели в формате IFC;
- для всех решений с программированием — архив, в котором содержатся: описание метода решения задачи, код (один или несколько) с необходимыми библиотеками, инструкция к коду.

Выгрузка спецификаций и данных

Для успешного выполнения задания необходимо:

1. Создать спецификацию всех стен с указанием объема, толщины и площади поверхности каждого материала.
2. Создать спецификацию по окнам с указанием количества и размеров.
3. Создать файл в формате IFC из которого извлечь программным путем информацию об окнах с указанием количества и размеров и элементах стен с указанием объема, толщины и площади поверхности каждого материал.

Автоматизация решения с применением программирования принесет команде дополнительные баллы.

На проверку предоставляется:

- результаты в табличном виде в формате `.xls`;
- для всех решений с программированием — архив, в котором содержатся: описание метода решения задачи, код (один или несколько) с необходимыми библиотеками, инструкция к коду.

Подбор и моделирование элементов системы отопления

Для успешного выполнения задания необходимо воспользоваться теплотехническим расчетом наружной стены, сделанным ранее, и рассчитать теплопотери согласно формуле:

$$Q = \frac{S_{fl} \cdot R}{S_w} \cdot 10000,$$

где S_{fl} — площадь пола,

R — приведенное сопротивление теплопередачи,

S_w — площадь стен (с учетом наличия проемов).

1. Определить количество секций радиаторов для каждого помещения по таблице в соответствии с мощностью каждого прибора. Таблица представлена по ссылке: <https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH-A/ТаблицаСРадиаторами.pdf>.
2. Расставить радиаторы отопления в каждое помещение с окнами, разместив радиатор непосредственно перед каждым окном у ограждающих конструкций.

Автоматизация расчетов и расстановки радиаторов с применением программирования принесет команде дополнительные баллы. Особенно ценным будет решение с максимальной автоматизацией: расчеты и расстановка.

На проверку предоставляется:

- модель/модели в проприетарной формате и формате IFC, к которой размещены наружные стены, окна, перегородки, перегородки, перекрытия, колонны и окна, радиаторы отопления;
- расчеты;
- для всех решений с программированием — архив, в котором содержатся: описание метода решения задачи, код (один или несколько) с необходимыми библиотеками, инструкция к коду.

Моделирование системы водоснабжения и канализации

Необходимо выполнить модель системы водоснабжения и канализации в осях 10–14/Д-Ж на 1–4 этажах в соответствии с предоставленными планами, представленными по ссылке: <https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH-A/ПланыВК.pdf>.

Сохранить в проприетарном формате и формате IFC.

Требования к модели:

- соответствие чертежу;
- корректность и точность прорисовки соединений сантехнических приборов с системами водоснабжения и водоотведения;
- отсутствие пересечений внутри модели;
- соответствие семейств, использованных в модели, чертежам.

На проверку предоставляется:

- модель/модели в проприетарной формате и формате IFC, к которой присутствует система водоснабжения и канализации;
- для всех решений с программированием — архив, в котором содержатся: описание метода решения задачи, код (один или несколько) с необходимыми библиотеками, инструкция к коду.

Этап 3. Анализ эффективности, устранение коллизий

Устранение коллизий

Для успешного выполнения задания необходимо:

1. Провести проверку на коллизии системы ВК и железобетонных перекрытий в любом программном обеспечении на усмотрение команды.
2. Вывести ответ о проверки.
3. Устранить пересечения системы ВК и железобетонных перекрытий (сформировать отверстия в перекрытиях), за автоматизацию — создание скрипта для автоматического вырезания отверстий для прокладки инженерных сетей командам начисляются дополнительные баллы.
4. Передать сводную модель на проверку в проприетарном формате и формате IFC.

Организаторы выполняют проверку в Autodesk NavisWorks. Можно передать модель на проверку организаторам до сдачи не более двух раз от каждой команды.

В качестве результата выполнения задания на проверку предоставляется:

- модель/модели в проприетарной формате и формате IFC;
- отчет о коллизиях;
- для всех решений с программированием — архив, в котором содержатся: описание метода решения задачи, код (один или несколько) с необходимыми библиотеками, инструкция к коду.

Расчет показателей

Для успешного выполнения задания необходимо:

- подготовить данных для расчета энергопотребления, освещенности, стоимости ограждающих конструкций, углеродного следа;
- выполнить расчет освещенности;
- выполнить расчет избыточного тепловыделения (расчет количества тепла, которое образуется за счет работы расставленных радиаторов, т. е. величина, показывающая тепло, являющееся избыточным относительно теплопотерь);
- выполнить расчет общей стоимости ограждающих конструкций, смоделированных в соответствии с теплорасчетом (пирог наружных несущих/самонесущих стен от проектного нуля до парапета) по данным, указанным в таблице VI.2.2. Стоимость зависит от объема, площади поверхности и толщины слоев в зависимости от материала;
- выполнить расчет стоимости окон, и данные взять из таблицы, предоставленной по ссылке: <https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH-A/СтоимостьОК.xlsx>;
- выполнить расчет стоимости радиаторов, данный взять из таблице, предоставленной по ссылке: <https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH-A/СтоимостьРадиаторов.pdf>;
- выполнить расчет углеродного следа ограждающих конструкций, смоделированных в соответствии с теплорасчетом (пирог наружных несущих/самонесущих стен от проектного нуля до парапета) по данным, представленным в таблице VI.2.2 (зависит от объема строительного материала).

Автоматизация расчетов оценивается дополнительными баллами.

В качестве результата выполнения задания на проверку предоставляется:

- результаты расчетов;
- для всех решений с программированием — архив, в котором содержатся: описание метода решения задачи, код (один или несколько) с необходимыми библиотеками, инструкция к коду.

Этап 4. Модификация проектного решения и подготовка итоговой отчетности

Поиск оптимального решения

Повышение эффективности проектных решений на основе полученных данных.

Эффективность решения оценивается по совокупности показателей:

- экономичность ограждающих конструкций;
- энергопотребление;
- освещенность (берем по минимальному значению, команда может отдать модели в формате IFC организаторам не более 2-х раз в течение дня);
- углеродный след.

Необходимо подобрать и скорректировать решение.

Для проведения расчетов необходимо написать один или несколько алгоритмов, выполняющих расчеты на компьютере. Приветствуется автоматизация внесения изменений в модель.

В качестве результата выполнения задания на проверку предоставляется:

- результаты расчетов;
- для всех решений с программированием — архив, в котором содержатся: описание метода решения задачи, код (один или несколько) с необходимыми библиотеками, инструкция к коду.

Подготовка отчета и презентации

- Составление отчета;
- Построение графиков;
- Формирование итоговой модели;
- Оформление презентации.

Система оценивания

	Задание/критерии	Баллы за решение	Баллы за программирование
Этап 1 — сборка исходных данных в информационную модель здания			
1.1	Сборка модели AP (архитектурные решения) + КР (конструктивные решения) по исходным данным		

	Задание/критерии	Баллы за решение	Баллы за программирование
	Создать файл в ТИМ-системе	0,3	
	Импортировать в среду моделирования объекты из файлов:		
	модель железобетонного каркаса в формате IFC (КР)	1,2	
	модель внутренних перегородок, парапета и цоколя (АР)	0,6	
	поставить все наружные стены без окон с толщиной 200 мм из любого материала	1,5	
	Экспортировать полученную модель в формат IFC	0,6	
1.2	Организация совместной работы	2,0	
1.3	Экспорт данных из выданного IFC	1,5	2,9
Этап 2 — моделирование основных решений			
2.1	Моделирование библиотечных элементов	1,5	
2.2	Моделирование наружных стен в соответствии с требованиями теплотехнического расчета		
	Определить состав наружной стены	0,6	
	Провести теплотехнический расчет	2,3	
	Разместить в модели стены со слоями, определенными по результатам выполнения п. 1 и п. 2, не допуская выхода образования мостика холод	1,5	
2.3	Расстановка окон в наружных стенах		
	Расстановка окон	1,2	
	Расчет освещенности, выполненный командой	2,9	
2.4	Заполнение параметров	1,5	2,9
2.5	Выгрузка IFC		2,9
	в модели должны присутствовать параметры стен с наименованиями и значениями, указанными в таблице	2,3	
	группа параметров NTO_PsetCheck передана в формат IFC	1,2	
	стены и перегородки должны содержать в IFC верный класс и тип	2,3	
2.6	Выгрузка спецификаций и данных		
	Создать спецификацию всех стен с указанием объема, толщины и площади поверхности каждого материала	1,5	
	Создать спецификацию по окнам с указанием количества и размеров	0,9	
	Создать файл в формате IFC из которого извлечь информацию об окнах с указанием количества и размеров и элементах стен с указанием объема, толщины и площади поверхности каждого материал		4,4
2.7	Подбор и моделирование элементов системы отопления		
	Рассчитать теплотери согласно формуле	1,5	
	Определить количество секций радиаторов для каждого помещения	1,5	1,5
	Расставить радиаторы отопления в каждое помещение с окнами	1,5	4,4
2.8	Моделирование системы водоснабжения и канализации	4,4	
Этап 3 — анализ эффективности, устранение коллизий			
3.1	Устранение коллизий		3,2

	Задание/критерии	Баллы за решение	Баллы за программирование
	Проверка и отчет	1,5	
	Устранить пересечения	1,5	4,4
	Модель передана на проверку в формате IFC	0,9	
3.2	Расчет показателей		
	выполнить расчет освещенности	2,3	
	выполнить расчет энергопотребления	1,5	1,5
	выполнить расчет общей стоимости ограждающих конструкций	0,9	0,6
	выполнить расчет стоимости окон	0,6	1,5
	выполнить условный расчет углеродного следа	0,6	1,5
Этап 4 — модификация проектного решения и подготовка итоговой отчетности			
4.1	Поиск оптимального решения	5,8	14,5
4.2	Подготовка отчета и презентации	2,9	
ИТОГО		54,1	45,9

Решение задачи

Этап 1. Сборка исходных данных в информационную модель здания

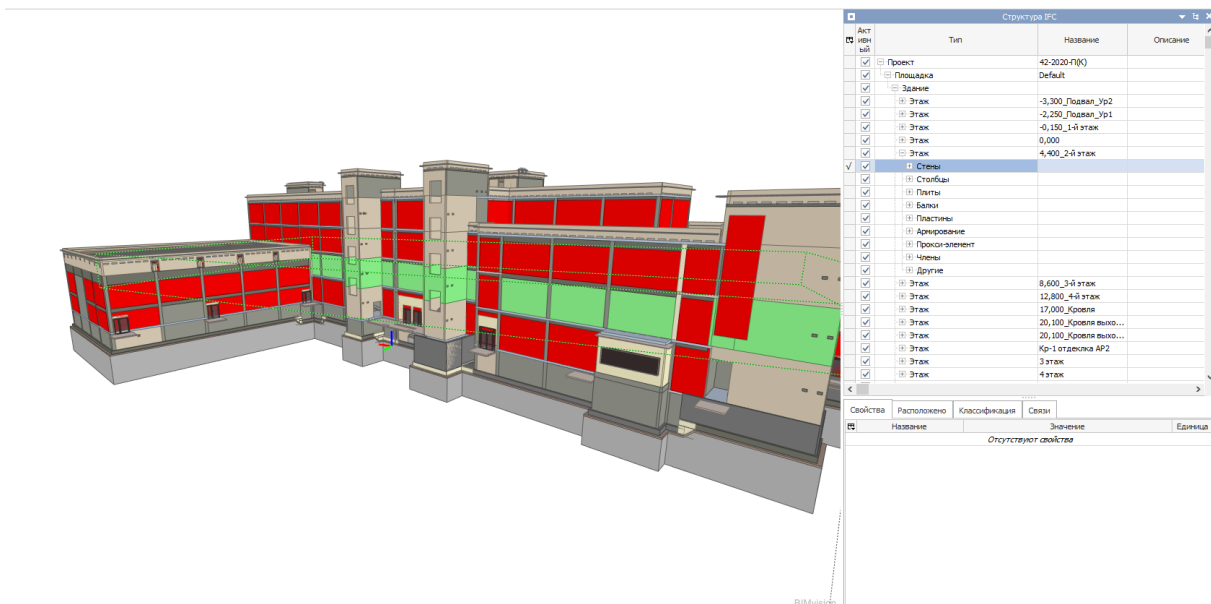
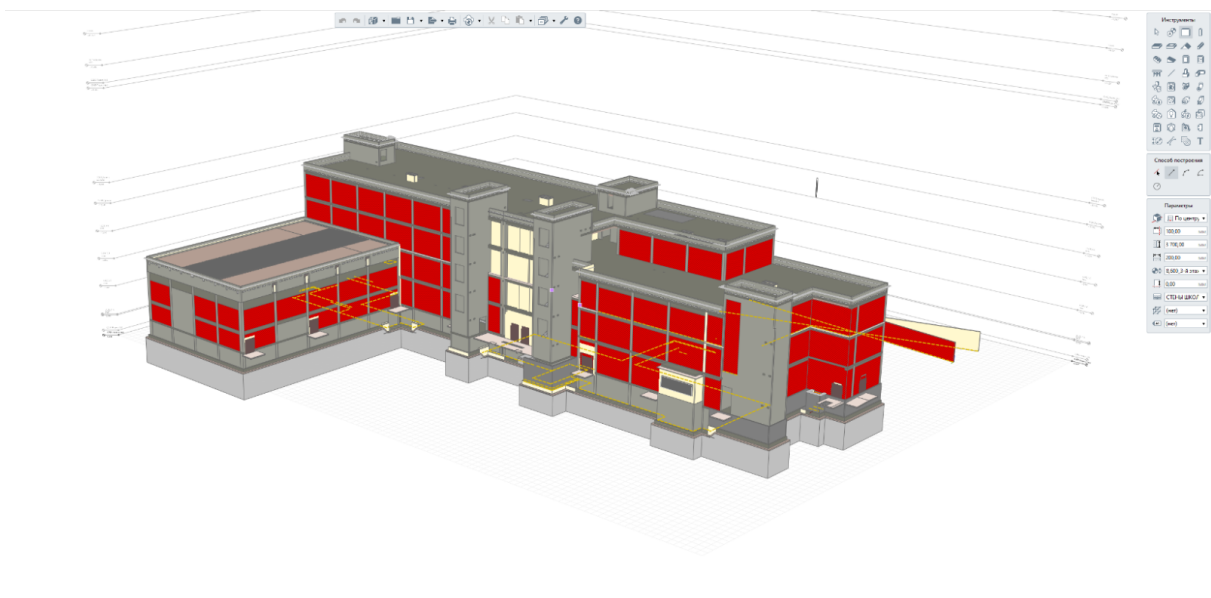
Сборка модели АР (архитектурные решения) + КР (конструктивные решения) по исходным данным

Для решения данной задачи необходимо создать исходный файл и ТИМ-системе (Renga/Revit/Archicad) в котором расставить оси, задать угол поворота относительно севера и координаты точке пересечения осей А и 1 в соответствии с требованиями и импортировать в этот файл исходные модели. Для ПО Renga файлы необходимо открыть и перенести методом копирования, для других ТИМ-систем воспользоваться функцией Импорт.

- О координации в Renga: <https://blog.rengabim.com/2021/03/blog-post.html>.
- О координации в Revit: <https://amcad.ru/news/blog/koordinatsii-modeley-obshchie-koordinaty-v-revit>.

Для расстановки наружных стен наружные стены без окон применить инструмент «Стена» и выбрать типоразмер толщиной 200 мм из любого материала. Затем экспортировать полученную модель в формат IFC.

Пример выполнения задания.



Файл в проприетарном формате: https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH--A/Renga_1.rnp.

Файл в формате IFC: https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH--A/IFC_1.ifc.

Организация совместной работы

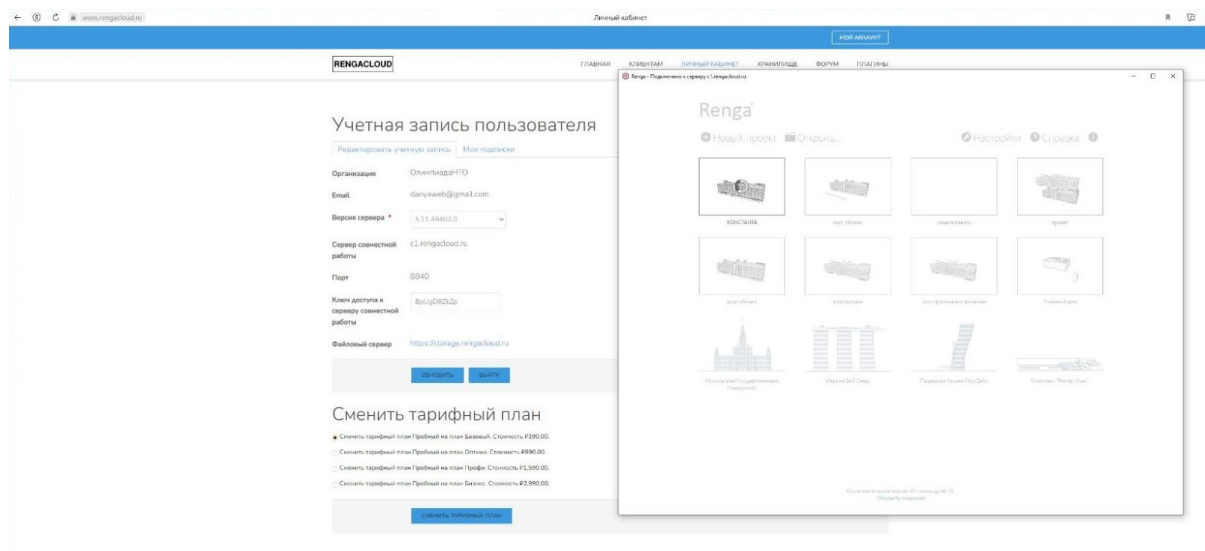
Совместная работа может быть организована различными методами, например через:

- Pilot BIM;
- RengaServer;
- RengaCloud;
- BIMCloud;
- Autodesk Construction Cloud;
- другие облачные и серверные решения для организации среды общих данных.

Необходимо организовать совместную работу команды над проектом и предоставить отчет с описанием принципов и способа решения этой задачи, в котором описано, как организована совместная работа, желательно с иллюстрациями (скрин) и схемами.

Пример решения:

Совместная работа организована при помощи сервиса Renga Cloud.



Описание выложено по ссылке:

<https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH-A/СовместнаяРабота.docx>.

Экспорт данных из выданного IFC

Для успешного выполнения задания необходимо написать код определяющий суммарный объем всех перегородок с параметрами ADSK. Предел огнестойкости экземпляра = REI240 и ADSK Этаж = 1 из выданного файла IFC AP.

Принцип решения подробно разобраны в курсе: <https://bim.vc/edu/courses/tim-orientirovannaya-analitika-sovremennye-instrumenty-raboty-s-dannymi/>.

Пример 1 решения

https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH--A/1_3/.

Пример 2 решения

```
import ifcopenshell
```

```
def get_property_value(product, name):
    for definition in product.IsDefinedBy:
        # To support IFC2X3, we need to filter our results.
        related_data = definition.RelatingPropertyDefinition
        if related_data.is_a('IfcPropertySet'):
            property_set = definition.RelatingPropertyDefinition
            for property in property_set.HasProperties:
                if property.Name == name:
                    return property.NominalValue
    return None
```

```
# Открываем файл IFC
```

```

ifc_file = ifcopenshell.open("Ар школьный с параметрами.ifc")

# Получаем все перегородки
walls = ifc_file.by_type("IfcWall")

# Инициализируем переменную для хранения суммарного объема
total_volume = 0

# Проходимся по всем перегородкам и суммируем объемы тех, которые соответствуют
↳ заданным параметрам
for wall in walls:
    fire_resist = get_property_value(wall, 'ADSK_Предел огнестойкости экземпляра')
    floor = get_property_value(wall, 'ADSK_Этаж')
    if fire_resist and floor and fire_resist.wrappedValue == 'REI240' and
↳ floor.wrappedValue == '1':
        volume = get_property_value(wall, 'Объем')
        total_volume += volume.wrappedValue
# Выводим суммарный объем
print("Суммарный объем перегородок с Пределом огнестойкости экземпляра = REI240 и Этаж
↳ = 1 равен", total_volume)

```

Файлы решения: <https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH--A/PythonProject>.

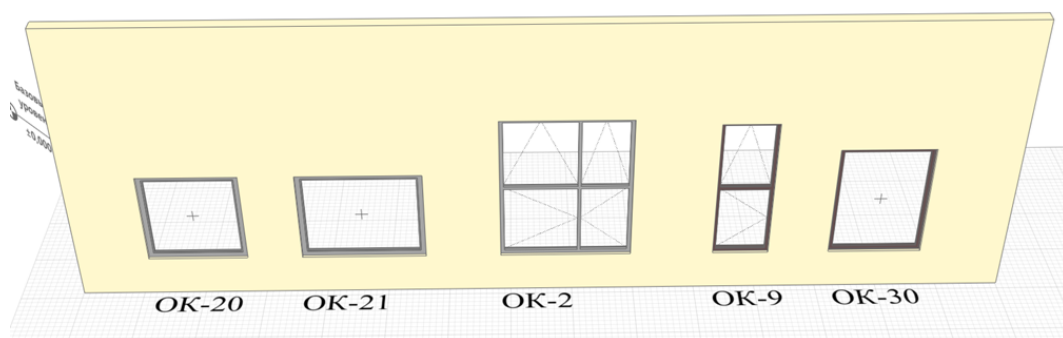
Этап 2. Моделирование основных решений

Моделирование библиотечных элементов

При выполнении моделей окон по предоставленным чертежам необходимо соблюдать внимание на соответствие размеров и конфигурации чертежам, а также материал, указанный в характеристиках окон. Элементы должны соответствовать категории «Окна».

Для Renga необходимо создать требуемые стили окон.

Для Revit необходимо создать семейства в необходимом количестве.



Пример решения: https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH--A/2_1.rnp.

Моделирование наружных стен в соответствии с требованиями теплотехнического расчета

Для успешного выполнения задание необходимо сделать несколько шагов:

1. Определить состав наружной стены. Необходимо выбрать из таблицы материалы и допустимые толщины слоев стен. Данный пирог будет использоваться для дальнейших расчетов.

Пример решения:

Состав стены:

- 1.1. Блоки газобетонные Н+Н марки D300 (200 мм, базовый слой);
 - 1.2. Плита минераловатная PAROC eXtra (100 мм);
 - 1.3. Штукатурка гипсовая (5 мм).
2. Провести теплотехнический расчет, для этого необходимо написать код, проводящий расчеты в соответствии требованиями для данного региона строительства.

Пример решения:

Код, при помощи которого проверяется соответствие состава стены требованиям по теплотехнике для определенного региона. Пользователь вводит требуемые данные в соответствии с СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», СП 131.13330.2020 «Строительная климатология», СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий» и СанПиН 2.4.2.2821-10. Был произведен расчет для региона — Московская область, выполнен перебор вариантов состава многослойной стены и подставив значения, получен результат в котором состав стены соответствует условиям региона.

Программный код для региона Московская область

```
msh_gsop=4551
a=0.00035
b=1.4
m_p=1 #0,75
r_tr=a*msh_gsop+b
r_nor=r_tr*m_p

a_v=8.7
a_v=a_v**-1
a_n=23
a_n=a_n**-1
n=int(input('Введите количество слоев: '))
sum=0
for i in range(n):
    q=float(input('Введите толщину слоя: '))
    y=float(input('Введите теплопроводность материала: '))
    sum+=q/y
r_usl=a_v+sum+a_n
r=1
r_pr=r_usl*r

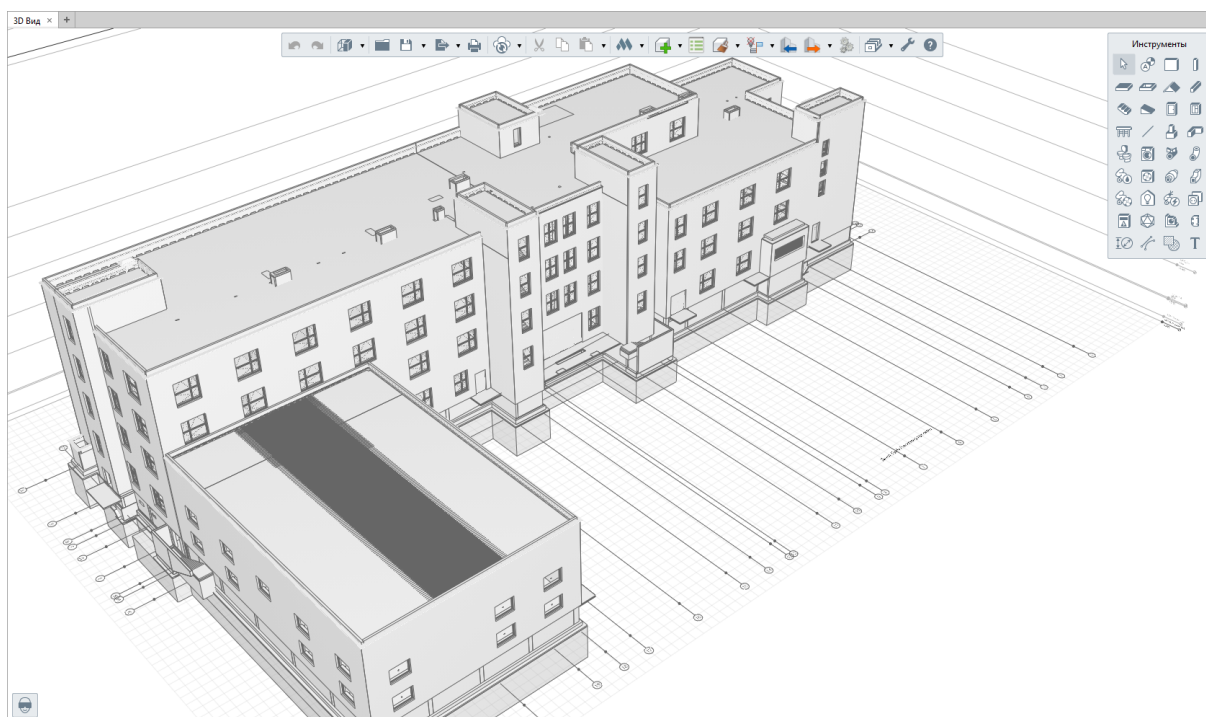
a_v=8.7
t_v=20
del_t=4
t_n=-24
r_norm=(t_v-t_n)/(del_t*a_v)
if r_pr>r_nor and r_pr>r_norm:
    print('Материалы подходят')
```

Ссылка на файл: https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH--A/2_2.

3. Разместить в модели стены со слоями, определенными по результатам выполнения п. 1 и п. 2, не допуская выхода образования мостика холода.

Пример решения в проприетарном формате: <https://disk.yandex.ru/d/R>

JLAzYk2uyH--A/Renga_2.rnp и формате IFC: https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH--A/IFC_2.ifc.

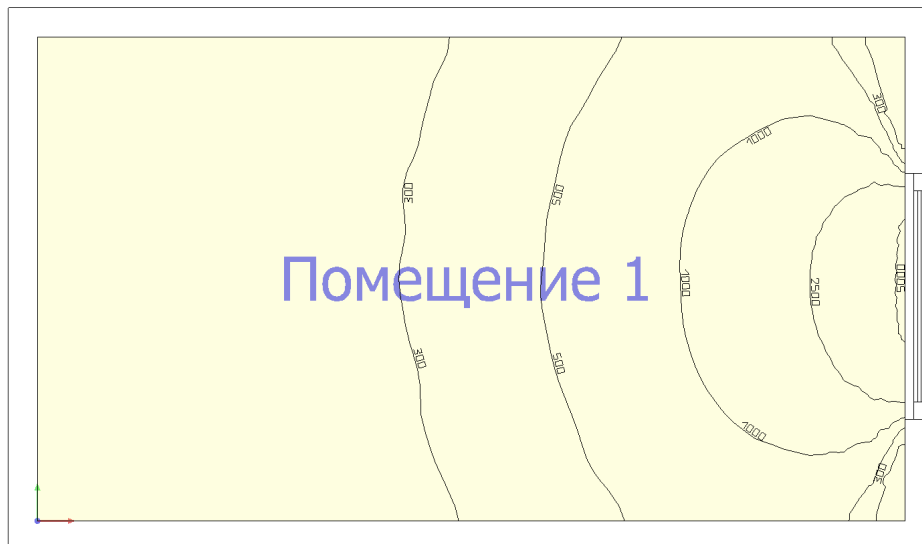


Расстановка окон в наружных стенах

Для расстановки окон в наружных стенах здания следует обязательно учитывать уровень естественной освещенности. При решении задачи участники расставляют окна произвольных размеров и в расположении по своему выбору, затем производят расчет и корректируют решение. Требуемые значения минимальной освещенности необходимо взять из таблицы в задании. Расчет освещенности может быть произведен командой в DIALux evo.

Пример решения

1. Выставить нужные настройки естественного света: город, истинный север и координат.
2. Импортировать геометрию в формате IFC.
3. Выполнить расчет и вывести отчет.



Результаты расчета освещенности представлены по ссылке:
<https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH-A/РезюмеОтчет.pdf>.

Результаты моделирования в проприетарном формате: https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH--A/2_3-2_4.rnp.



Заполнение параметров

Для элементов стен: внутренние перегородки и стены необходимо создать и заполнить параметры указанные в задании. Все указанные параметры должны присутствовать в модели в проприетарном формате с наименованиями и значениями, указанными в таблице. Для автоматизации данного процесс в Revit может быть написан код на Dynamo.

Подробно описано в уроке: <https://bim.vc/edu/courses/dynamo-prodvintuyturoven/svyaz-s-vneshnimi-formatami/parametry-elementov-modeli/>.

Инструкция для Renga: <https://rengabim.com/stati/upravlenie-svoystvami-obektov-v-informacionnoj-modeli-zdaniya/>.

Выгрузка IFC

Согласно заданию необходимо сохранить модель в формате IFC с назначенными для стен параметрами, группированными и имеющими другие различные наименования в ТИМ-системе и в IFC. Дополнительно необходимо указать для экспорта стен и перегородок типы `IfcWall.SOLIDWALL` для несущей стены, `IfcWall.PARTITIONING` для перегородок, по умолчанию все стены и перегородки выгружаются как `IfcWall` без указания типа.

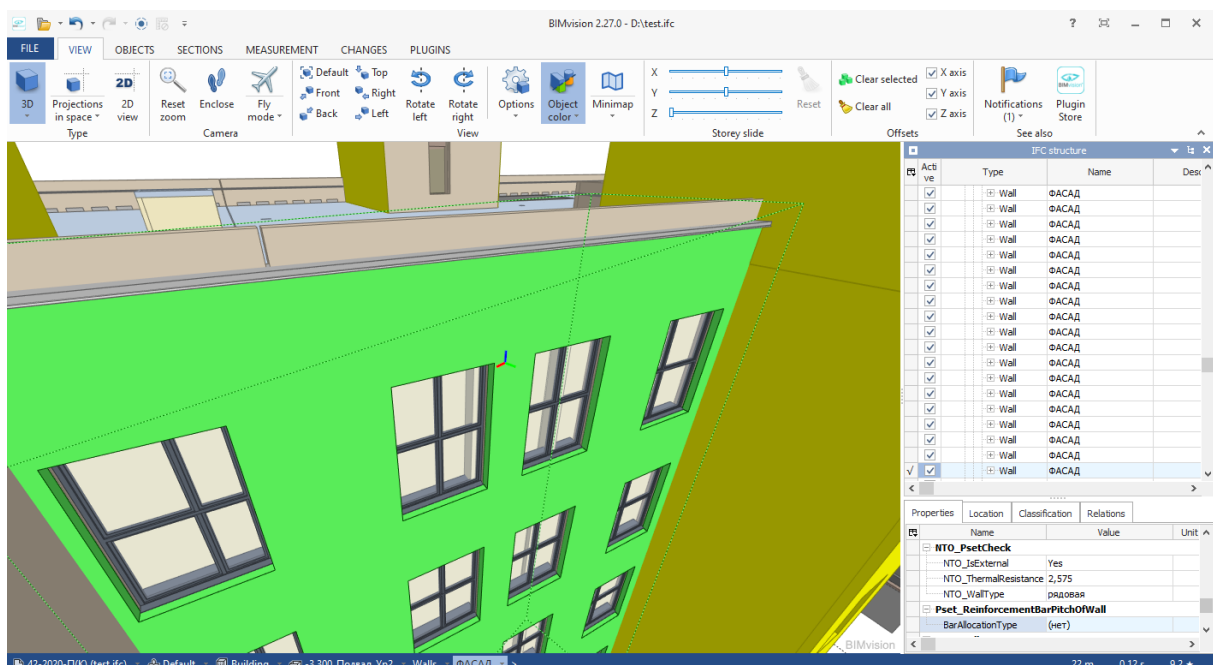
Метод решения в ТИМ-система Revit описан: <https://dzen.ru/a/YeatNyCRkAI6GT96>.

Метод решения в ТИМ-система Renga: <https://rengabim.com/stati/prohodim-gosekspertizu-informacionnoj-modeli-pravilno/>.

Автоматизация решения с применением программирования принесет команде дополнительные баллы.

На проверку предоставляется:

- модель/модели в формате IFC;
- для всех решений с программированием — архив, в котором содержатся: описание метода решения задачи, код (один или несколько) с необходимыми библиотеками, инструкция к коду.



Выгрузка спецификаций и данных

В ходе выполнения задания необходимо создать спецификации стен и окон, это можно сделать как инструментом создания спецификаций с ТИМ-системе, так и при

программном пути при обработке файла в формате IFC (инструкция приведена в заданиях выше).

Пример решения (включает элементы решения пп. Заполнение параметров, Выгрузка IFC)

Необходимые параметры и спецификации были созданы в программном комплексе Renga, также для решения данной задачи написан код на язык Python с применением библиотеки IfcOpenShell, авторское описание работы которого приведено ниже:

1. В коде требуется указать в переменных `PATH` и `TEST_PATH` директории (уточнено в комментарии).
2. Программа добавляет стенам параметры, требуемые в таблице.
3. Далее программа сохраняет получившуюся модель с измененными параметрами в формате IFC.
4. Также программа создает таблицу XLS с названием `answer.xls` в которой содержится спецификация с информацией об окнах и стенах.
5. Код и библиотеки представлены по ссылке: <https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH--A/code.zip>.

Подбор и моделирование элементов системы отопления

На основе теплотехнического расчета наружной стены, сделанного ранее, необходимо рассчитать теплопотери используя данные о приведенном сопротивлении теплопередачи и о площади стен и пола согласно формуле:

$$Q = \frac{S_{fl} \cdot R}{S_w} \cdot 10000,$$

где S_{fl} — площадь пола,

R — приведенное сопротивление теплопередачи,

S_w — площадь стен (с учетом наличия проемов).

Определить количество секций радиаторов для каждого помещения по таблице в соответствии с мощностью каждого прибора.

Пример:

$$Q = \frac{2638 \cdot 3,08688}{1049} \cdot 10000 = 7765,37.$$

Используя ответ определить нужный радиатор:

$$\text{FTV} - 11 - 300 - 1200 \text{ (718 Вт)}.$$

Далее необходимо расставить радиаторы отопления в каждое помещение с окнами, разместив радиатор непосредственно перед каждым окном у ограждающих конструкций.

Для автоматизации проектирования необходимо написать программный код, который определял бы координаты окон и расставлял радиаторы с привязкой к окнам по заданным координатам. Решение может быть более комплексным, если расчет количества секций радиатора для каждого помещения выполняется в том же коде, что и расстановка. Для реализации этой идеи ключевым элементом становится помещение, исходя из характеристик которого выполняется подбор секций, для окон в свою очередь также необходимо определить принадлежность к помещению.

Моделирование системы водоснабжения и канализации

Моделирование систем водоснабжения и канализации следует выполнять стандартными инструментами.

Подробная информация по моделированию в Renga: https://help.rengabim.com/ru/#project_MEP.htm.

Подробная информация по моделированию в Revit: <https://bim.vc/edu/courses/autodesk-revit-mep-prodvintuyy-uroven/>.

Этап 3. Анализ эффективности, устранение коллизий

Устранение коллизий

Для успешного выполнения задания необходимо провести проверку на коллизии системы ВК и железобетонных перекрытий в любом программном обеспечении, например в Pilot BIM или NavisWorks. Вывести отчет о проверке. На основании отчета устранить коллизии основанию отчета устранить коллизии создав отверстия в железобетонных перекрытиях в местах пересечения с инженерными системами.

Устранить пересечения системы ВК и железобетонных перекрытий можно в качестве метода решения приняв создание скрипта для автоматического вырезания отверстий для прокладки инженерных сетей.

Проверка на коллизии в программном комплексе PilotBIM: <https://bim.vc/edu/courses/pilot-bim/pilot-proverka-konsolidirovannoy-modeli-na-kollizii/>.

Расчет показателей

Для выполнения задания необходимо:

- подготовить данных для расчета энергопотребления, освещенности, стоимости ограждающих конструкций, углеродного следа;
- выполнить расчет избыточного тепловыделения (расчет количества тепла, которое образуется за счет работы расставленных радиаторов, т. е. величина, показывающая тепло, являющееся избыточным относительно теплопотерь);
- выполнить расчет общей стоимости ограждающих конструкций, которая зависит от объема, площади поверхности и толщины слоев в зависимости от материала;
- выполнить расчет стоимости окон;
- выполнить расчет стоимости радиаторов;
- выполнить расчет углеродного следа ограждающих конструкций.

Пример расчетов стоимости окон и стен, расчет углеродного следа. При решении задач были написаны программные коды на языке Python, для анализа был использован файл в формате IFC.

Расчет углеродного следа

Найти площадь всех, нужных нам стен (указан параметр в характеристиках стен). Программа находит параметры длины и ширины стен, находит площадь и суммирует их в общую. Далее через цикл необходимо ввести количество слоев, толщину каждого

слоя и углеродный след/м³, далее программа находит объем материала и вычисляет углеродный след.

Пример программы-решения

```
import ifcopenshell # импорт библиотеки
import ifcopenshell.util.element # импорт библиотеки
model=ifcopenshell.open('pravda.ifc') #присвоение переменной model значение ifc файла
walls = model.by_type('IfcWall') # извлекаем из модели тип стены
n=len(walls)
pr=0
for i in range(n):
    wall=model.by_type('IfcWall')[i]
    f = ifcopenshell.util.element.get_psets(wall)
    m=wall.get_info()
    p=m['Name']
    # print(f)
    if p=='Стена: 305,00 мм':
        pl=f['Qto_WallBaseQuantities']['Height']*f['Qto_WallBaseQuantities']['Length']
        pr+=pl#общая площадь стен в мм3
pr=pr/1000000#общая площадь стен в м3
n=int(input('Введите количество слоев: '))
sum=0
for i in range(n):
    tol=float(input('Введите толщину слоя: ')) #толщина 1 слоя(газобетона в м3)
    s=float(input('Введите значение углр.сл/м3 для данного материала: '))
    tr=pr*tol*s#углеродный след
    sum+=tr
print(sum, 'т') #117.98787037008637 т
```

Решение представлено по ссылке: https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH--A/3_2_1.

Расчет стоимости стен

Метод нахождения объема материала аналогичен, методу нахождения углеродного следа.

Далее пользователь вводит: количество слоев, ширину каждого слоя и цену за м³.

Далее все суммируется и выводится сумма.

Решение представлено по ссылке: https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH--A/3_2_2.

Расчет стоимости окон

Программа выгружает все окна из модели, если находит нужные нам окна, суммирует их цены, в итоге требуемую сумму.

Решение представлено по ссылке: https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH--A/3_2_3.

Пример расчета стоимости окон: https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH--A/windows_and_walls.

Данная программа предназначена для подсчёта стоимости окон.

Программа использует библиотеки ifcopenshell и csv.

Принцип работы программы:

1. Открывается файл с моделью здания.
2. Создаётся файл с таблицей результатов.

3. Открывается файл с таблицей стоимости окон.
4. Создаётся словарь с типами окон и их стоимостью.
5. Выбираются все окна.
6. Подсчитывается количество окон каждого типа.
7. Для каждого типа подсчитывается суммарная стоимость.
8. Данные об окнах записываются в файл.

Пример программы-решения

```
import ifcopenshell
import csv

ifc_file = ifcopenshell.open('new_Test.ifc')
result = open('result.csv', 'w', encoding='utf-8')
result.write('Наименование;Количество;Сумма\n')

with open('window_cost.csv', encoding="utf8") as csvfile:
    reader = csv.DictReader(csvfile, delimiter=',', quotechar='"')
    data = list(reader)
    costs = dict()
    for item in data:
        costs[item['Наименование типа']] = item['Стоимость изделия, руб.']

windows = ifc_file.by_type("IfcWindow")
window_count = dict()
for window in windows:
    try:
        key = window.Name.split()[2][:-1]
        window_count[key] = window_count.get(key, 0) + 1
    except IndexError:
        print(window.Name, ' ', 'Нет данных')
    except KeyError:
        print(window.Name, ' ', 'Нет данных')

for item in window_count.items():
    print(item)
    try:
        if 'OK' in item[0]:
            result.write(f'{item[0]};{item[1]};{float(costs[item[0]]) * item[1]}\n')
    except IndexError:
        result.write(f'{item[0]};{item[1]};Нет данных\n')
    except KeyError:
        result.write(f'{item[0]};{item[1]};Нет данных\n')

result.close()
```

Этап 4. Модификация проектного решения и подготовка итоговой отчетности

Поиск оптимального решения

Командой был написан код быстрых расчетов различных конфигураций проектных решений и код для внесения изменений в файл модели.

Описание работы программы

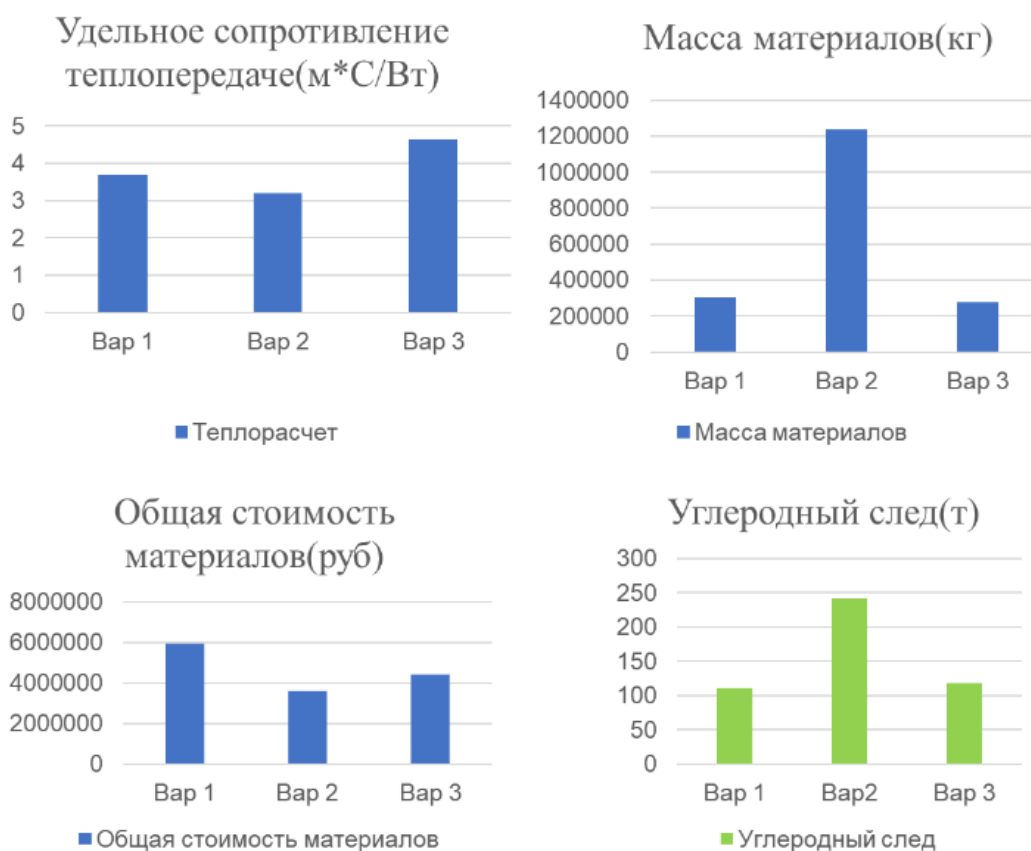
Программа предназначена для быстрого вычисления параметров объекта капитального строительства с разными материалами. Программа просит ввести имя материалов из которых планируется создать стену(строга из таблицы) Параметры материала вводятся автоматически. Далее вводится толщина слоя каждого материала. Программа производит расчет требуемой теплопередачи и теплопередачу по санитарно-гигиеническим требованиям для региона мск(по умолчанию). А также обращаясь к файлу ifc связывается с моделью и извлекает его параметры. Засчет параметров программа находит площадь всех материалов, а а позже объем всех материалов, которые потребуются для дальнейших расчетов. Программа производит расчет приведенного сопротивления теплопередаче для стены. Сравнивает его с требуемой теплопередачей и теплопередачей по санитарно-гигиеническим требованиям. Если приведенного сопротивления удовлетворяет условиям, программа говорит об этом и выводит следующие параметры — стоимость ограждающих конструкций, их массу, их углеродный след и общее условное сопротивление теплопередаче.

Также в программу добавлена функция расчета стоимости окон в той же модели.

Переменная также связывается с моделью ifc извлекая тип Window считает количество окон (их имя задано по умолчанию) и суммирует их.

Решение представлено по ссылке: https://drive.google.com/drive/folders/1R5xHv5VDJ4ly0S0tzA9wRaK9cV95X4lJ?usp=share_link.

Далее командой был выполнен перебор вариантов состава стены с выбором наилучшего по нескольким показателям.



- Вариант 1: Штукатурка гипсовая, Блоки газобетонные Н+Н марки D400, Минераловатный утеплитель Техновент Проф.

-
- Вариант 2: Штукатурка гипсовая, Кирпич сплошной глиняный обыкновенный на цементно-песчаном растворе, Плиты из каменной ваты.
 - Вариант 3: Штукатурка гипсовая, Блоки газобетонные Н+Н марки D300, Плита минераловатная PAROC eXtra.

Подготовка отчета и презентации

Пример решения представлен по ссылке: <https://disk.yandex.ru/d/RJLAzYk2uyH-A/проект.pptx>.

Материалы для подготовки

- Основы BIM/ТИМ. Ключевые принципы <https://bim.vc/edu/courses/osnovy-bim-tim-klyuchevye-printsipy/>.
- Renga: <https://rengabim.com/learn/>.
- Renga.Базовый уровень: https://bim.vc/edu/courses/renga_arch_basic/.
- ТИМ-ориентированная аналитика. Современные инструменты работы с данными: <https://bim.vc/edu/courses/tim-orientirovannaya-analitika-sovremennye-instrumenty-raboty-s-dannymi/>.
- Renga: Инструменты автоматизации: API и Dynamo <https://bim.vc/edu/courses/renga-instrumenty-avtomatizatsii-api-i-dynamo/>.
- BIM-менеджер: администрирование и совместная работа Autodesk Revit Архитектура: Продвинутый уровень <https://bim.vc/edu/courses/bim-menedzher-administrirovaniye-i-sovmestnaya-rabota/>, <https://bim.vc/edu/courses/autodesk-revit-arkhitektura-prodvintyy-uroven/>.
- Autodesk Revit Семейства: Продвинутый уровень: <https://bim.vc/edu/courses/autodesk-revit-semeystva-prodvintyy-uroven/>.
- Автоматизация Revit на языке C#: базовый уровень. <https://bim.vc/edu/courses/avtomatizatsiya-revit-na-yazyke-c-bazovyy-uroven/>.
- Dynamo: <https://bim.vc/edu/courses/dynamo-prodvintyy-uroven/>
- Python: курс для начинающих: <https://stepik.org/course/58852/promo>
- Python: основы и применение: <https://stepik.org/course/512/promo>
- Информационное моделирование зданий: <https://stepik.org/course/738/promo>
- База знаний Revit (<https://knowledge.autodesk.com/ru/support/revit-products?sort=score>), <https://stepik.org/course/4271/promo>.
- Проектирование зданий BIM <https://open.spbstu.ru/k-course/02prbim/>.
- Dynamo: <https://bim.vc/edu/courses/dynamo-avtomatizatsiya-armirovaniya/>.