



ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Кафедра «Строительное производство и геотехника»

# «ОРГАНИЗАЦИОННО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ НА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ»

Научный руководитель: к.т.н., доцент,  
Сычкина Евгения Николаевна

Магистрант гр. ОTR-16-1м  
Окунцов Иван Ильич

# АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Необходимость внедрения энергосберегающих технологий в строительстве;
2. Необходимость повышения теплотехнической однородности ограждающих конструкций.
3. Необходимость выявления рациональных конструктивных решений и технологий для повышения энергетической эффективности здания в климатических условиях Пермского края.

# КЛАССЫ ЭНЕГОСБЕРЕЖЕНИЯ ЗДАНИЙ СОГЛАСНО СП «ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ»

Обозначение класса энергетической эффективности	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения значения показателя суммарного удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня, %	Нормируемое сопротивление теплопередаче наружной стены для г. Перми, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$
A++	Очень высокий	Менее - 60	Более 8,718
A+		От -50 до -60	От 6,974 до 8,718
A		От -40 до -50	От 5,812 до 6,974
B+	Высокий	От - 30 до -40	От 4,981 до 5,812
B		От -15 до - 30	От 4,102 до 4,981
C+	Нормальный	От - 5 до -15	От 3,671 до 4,102
C		От + 5 до -5	От 3,321 до 3,671
C-		От +15 до +5	От 3,032 до 3,321
D	Пониженный	От +15 до + 50	Проектирование не допускается
E	Низкий	Более +50	Проектирование не допускается

# ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

- Изучение энергоэффективных узлов фасадных систем с последующей разработкой организационно технологических решений для выполнения работ и экономическим сравнением вариантов.

# ЗАДАЧИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

- Исследование нормативной и периодической литературы по состоянию рассматриваемого вопроса;
- Проведение патентного поиска с выполнением анализа изобретений в области исследуемого вопроса;
- Выбор объекта для исследования;
- Компьютерное моделирование и сравнение вариантов проектируемых конструкций;
- Разработка комплекса организационно-технологических мероприятий по повышению энергоэффективности для выбранного объекта и их экономическое обоснование;
- Оформление магистерской диссертации, написание научных статей по результатам исследования.

# НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ

- 1) результаты моделирования влияния теплопроводных включений на теплопроводность фасадной системы;
- 2) усовершенствование конструкции узлов, содержащих теплопроводные включения;
- 3) организационно-технологические решения для предложенной усовершенствованной конструкции.

# АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ

- Опубликована статья **«Проектирование энергоэффективных жилых домов в климатических условиях Пермского края»** в материалах Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, студентов и школьников (с международным участием) **ХИМИЯ. ЭКОЛОГИЯ. УРБАНИСТИКА** (публикация РИНЦ);
- Готовится к опубликованию статья **«Обзор конструкций наружных стен, применяемых для повышения энергоэффективности здания»** в материалах студенческой конференции СТФ **«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА»** (публикация РИНЦ);
- Выступление с докладом на студенческой конференции **«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА»**.

# ВЫПОЛНЕНО НА ДАННЫЙ МОМЕНТ

- Произведено исследование нормативной и периодической литературы по состоянию рассматриваемого вопроса;
- Проведен патентный поиск с выполнением анализа изобретений в области исследуемого вопроса;
- Произведен анализ влияния заглубления тарельчатого дюбеля в утеплитель программном комплексе Elcut 6.3;
- Смоделированы некоторые варианты узлов несущей системы навесных вентилируемых фасадов (НВФ) в программном комплексе Solidworks Simulation.



# ОБЗОР ПУБЛИКАЦИЙ И НОРМАТИВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В 80-х годах в Германии появилась концепция «Passivehaus», которая определила стандарты и принципы энергоэффективного жилищного строительства.

В России на законодательном уровне сфера энергоэффективности контролируется федеральным законом "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 23.11.2009 N 261-ФЗ и «Энергетической стратегией России на период до 2030 года».

В нашей стране проблемой теплопроводных включений занимались многие ученые, в том числе В.Г. Гагарин, В.В. Козлов, Е.Ю. Цыкановский, Д.В. Немова, О.А. Туснина, А.А. Емельянов, В.М. Туснина.

# ПАТЕНТНЫЙ ПОИСК

В процессе изучения были рассмотрены следующие патенты:

RU 2416009 С1 «Системы навесных фасадов и способы монтажа»

RU 2447247 С1 «Узел крепления навесного вентилируемого фасада»

RU 2379441 С1 «Навесная фасадная система и способ ее изготовления»

RU 2513470 С2 «Держатель изоляционного материала»

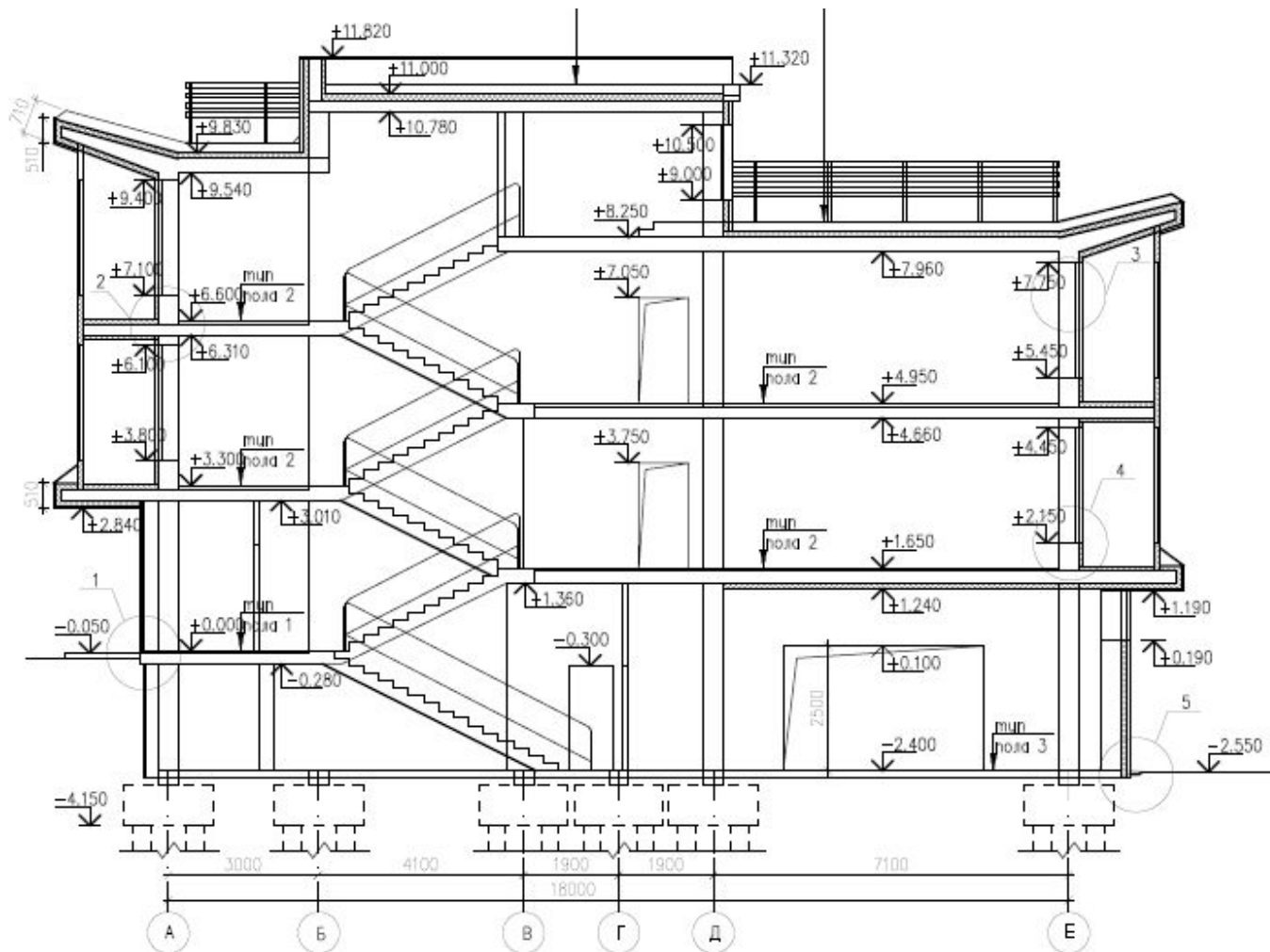
RU 2521628 С1 «Кронштейн для крепления профилей»

RU 2523907 С1 «Система крепления облицовки фасада»

# ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫБРАННОГО ОБЪЕКТА

- Здание гостиничного корпуса прямоугольной конфигурации в плане с размерами 84,50 x 18,0 м, состоящее из 3-х блок-секций с самостоятельными входами. Высота здания 14,82 м. Высота этажа 3,01 м.
- Высота автомобильной стоянки в цокольной части 2.400 м
- Конструктивная схема здания – рамно-связевая. Несущие конструкции каркаса - монолитные железобетонные конструкции. Здание имеет два температурных шва, разделяющие здание на 3 секции.

# РАЗРЕЗ 1-1



# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГЛУБЛЕНИЕ ТАРЕЛЬЧАТОГО ДЮБЕЛЯ В УТЕПЛИТЕЛЬ В ПРОГРАММЕ ELCUT 6.3

**Задача:** оценить влияние тарельчатого дюбеля на приведенное термическое сопротивление стены

Рассматриваемые условия

Положение тарельчатого дюбеля:

- Без заглабления в утеплитель;
- Заглабление 10-60 мм, с шагом 10 мм;
- Без дюбеля

Материал основного слоя стены:

- Газобетонные блоки;
- Кирпичная кладка;
- Железобетон

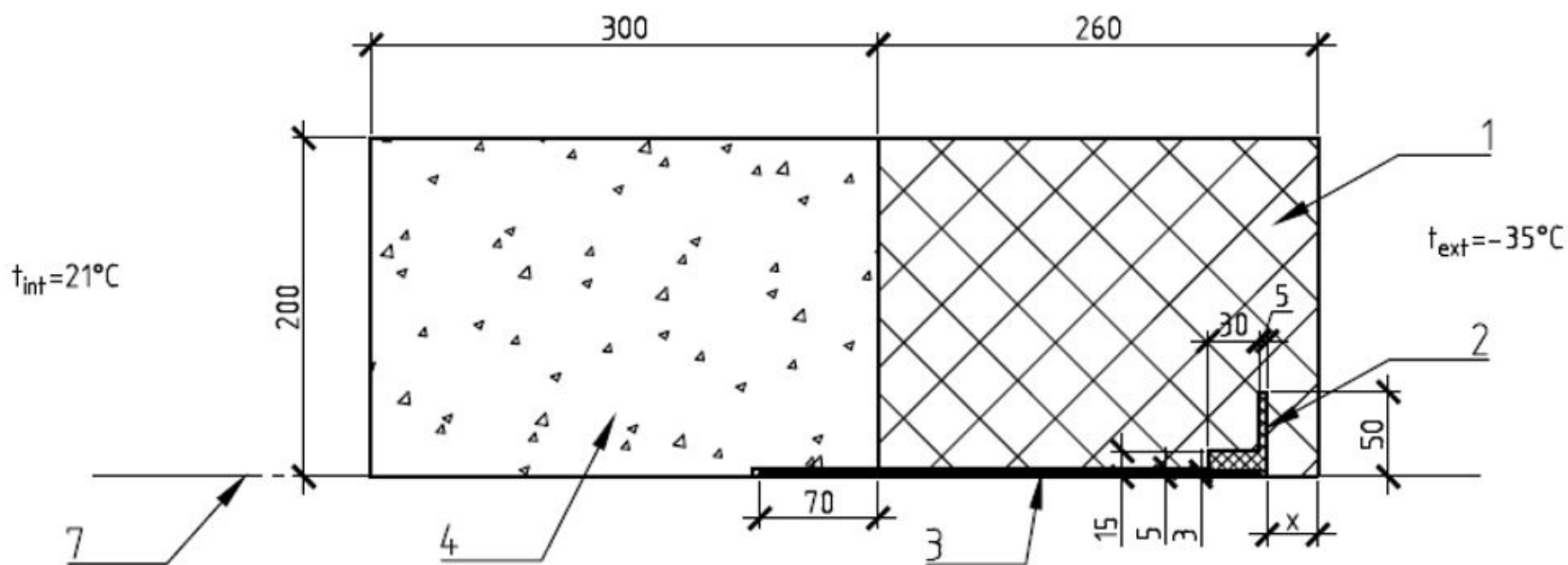
Модель

Объемная осесимметричная

Оцениваемый параметр

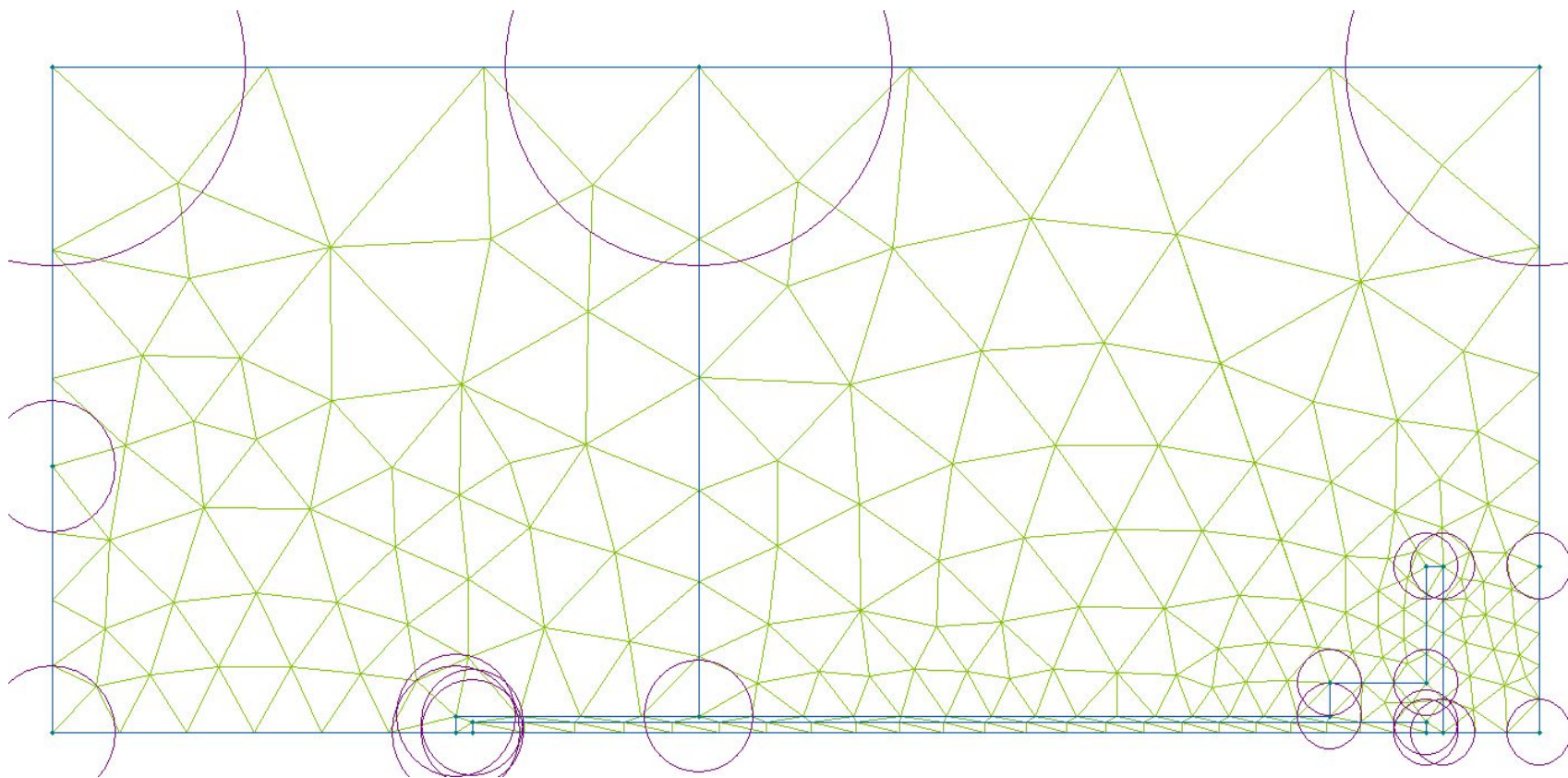
Тепловой поток через поверхность стены

# РАСЧЕТНАЯ СХЕМА С НЕСУЩИМ СЛОЕМ СТЕНЫ ИЗ ГАЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ



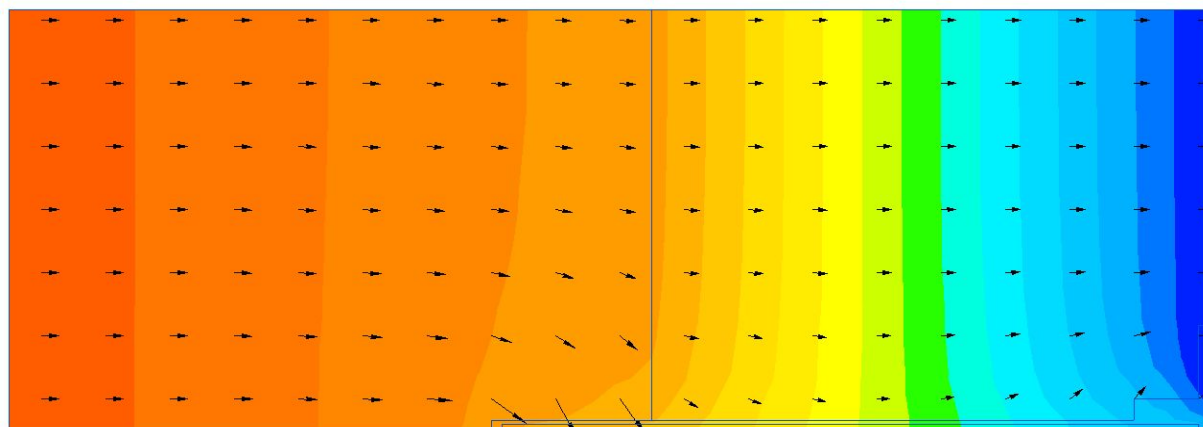
1- минераловатные плиты ТЕХНОВЕНТ; 2 - тарельчатый дюбель; 3 - металлический стержень; 4 - газобетонные блоки; 7 - ось вращения, x - заглубление тарельчатого дюбеля

# СЕТКА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОГРАММЕ ELCUT 6.3

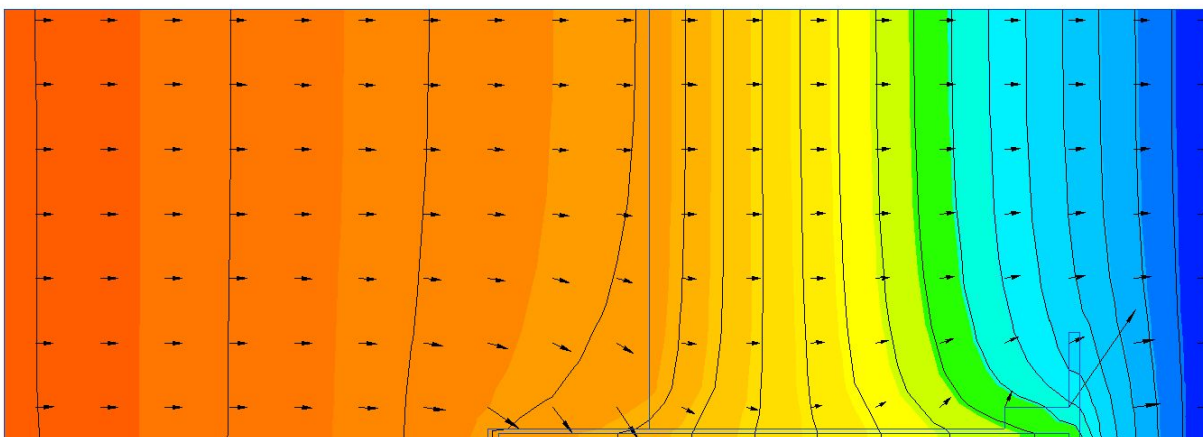


# КАРТИНА ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ С НЕСУЩИМ СЛОЕМ ИЗ ГАЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ

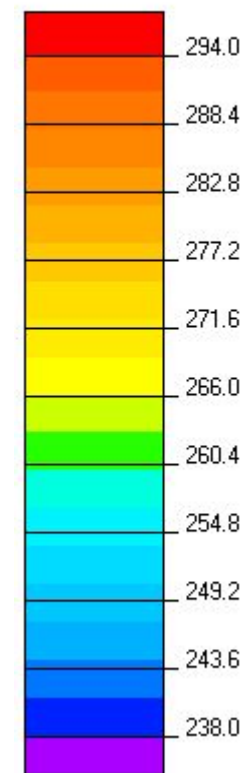
X = 0 мм



X =  
60 мм



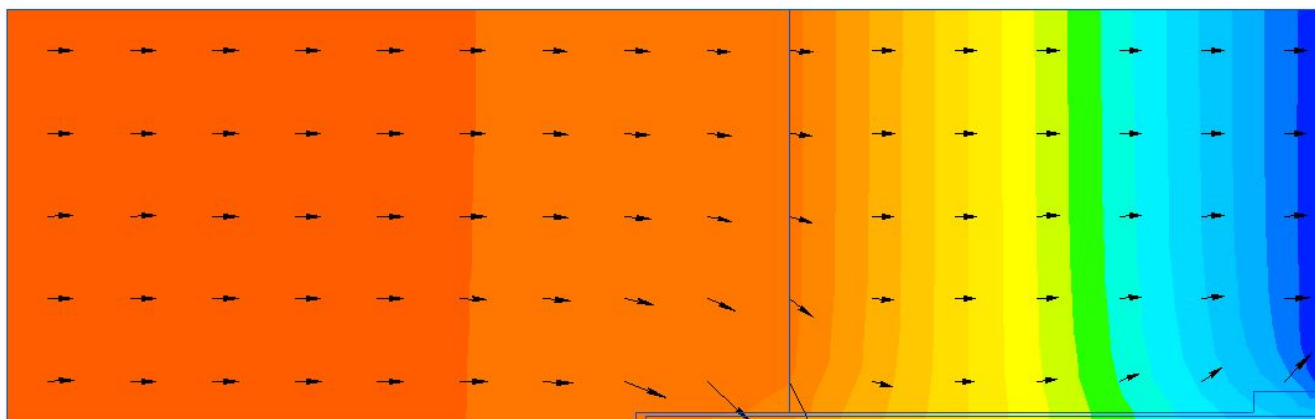
Температура  
T (K)



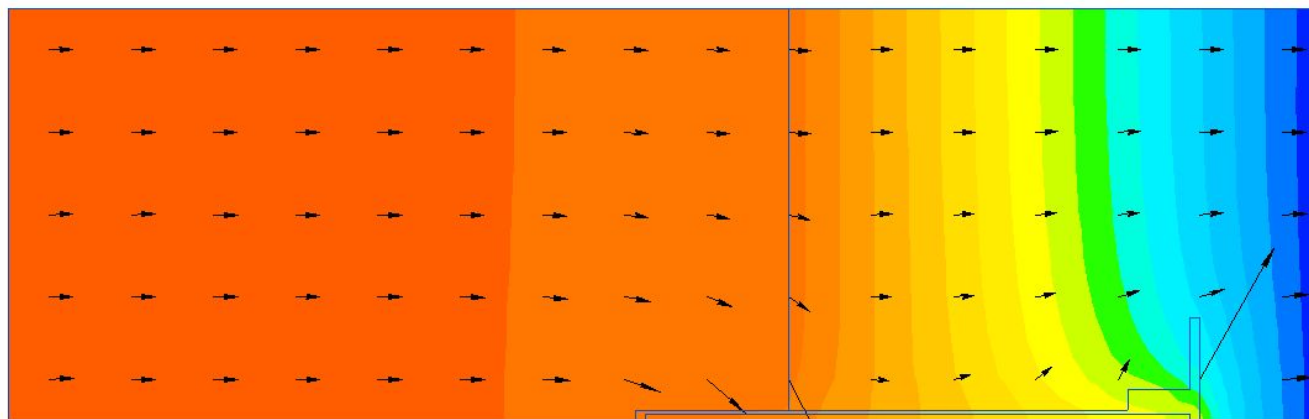


# КАРТИНА ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ С НЕСУЩИМ СЛОЕМ ИЗ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ

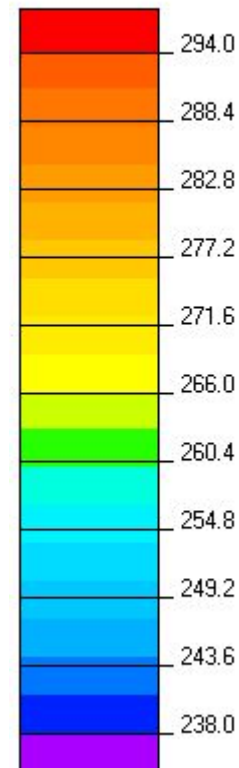
X = 0mm



X =  
60mm

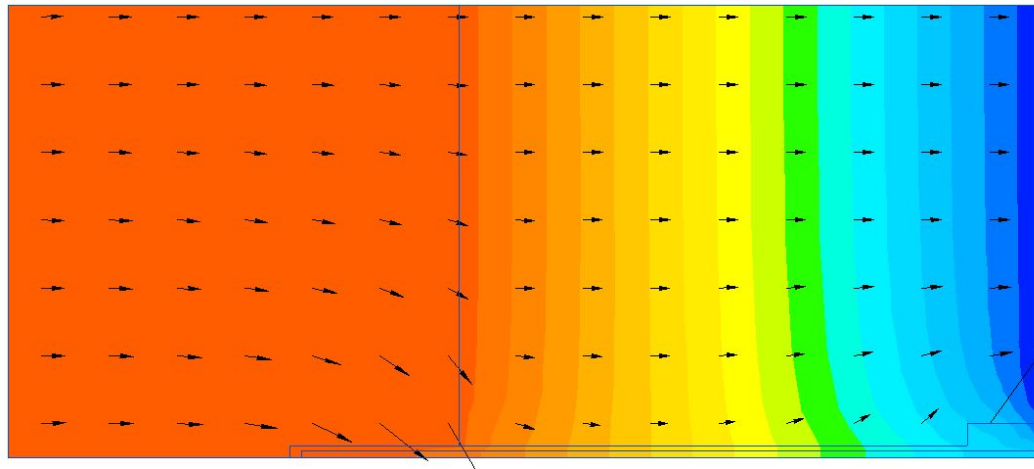


Температура  
T (K)

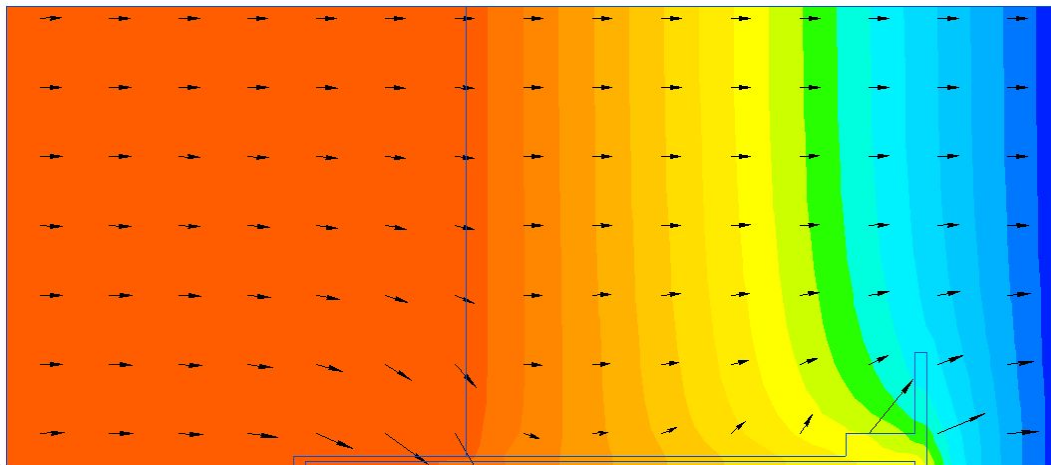


# КАРТИНА ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ С НЕСУЩИМ СЛОЕМ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

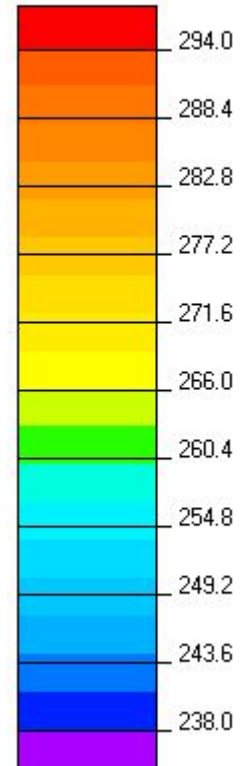
X = 0 мм



X =  
60 мм

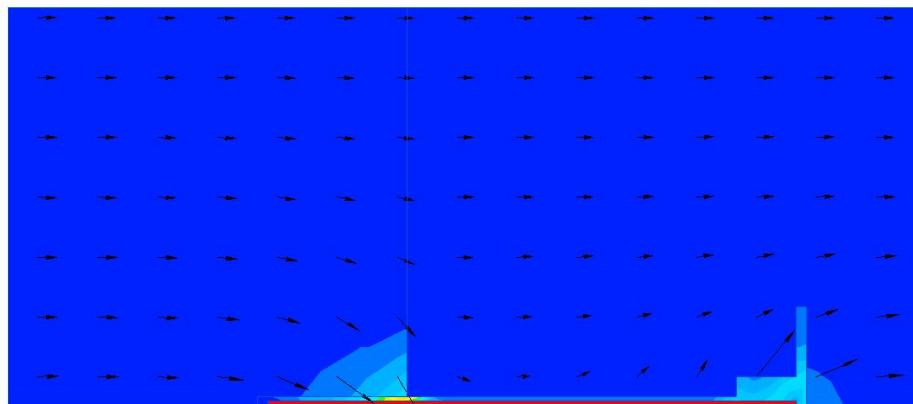


Температура  
T (K)

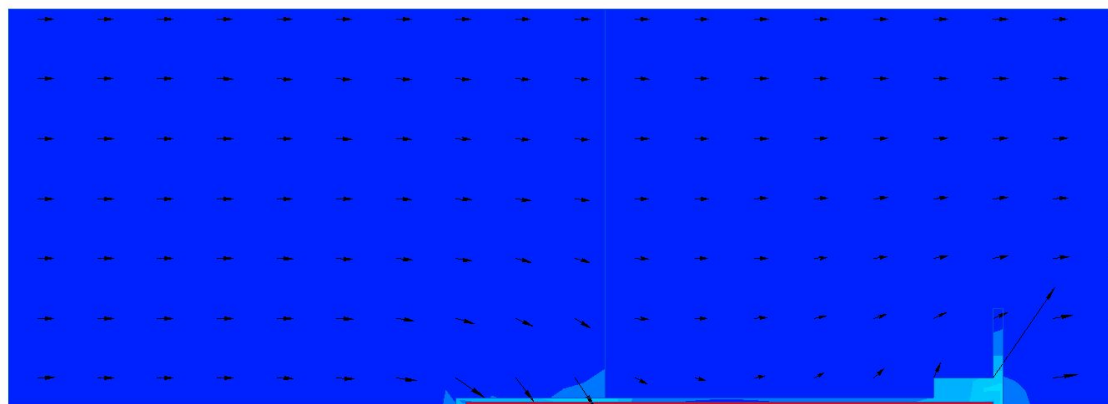


# ТЕПЛОВОЙ ПОТОК

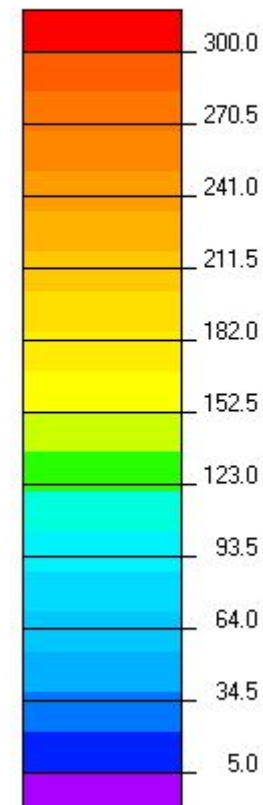
Несущий слой из  
железобетона



Несущий слой  
из  
газобетонных  
блоков



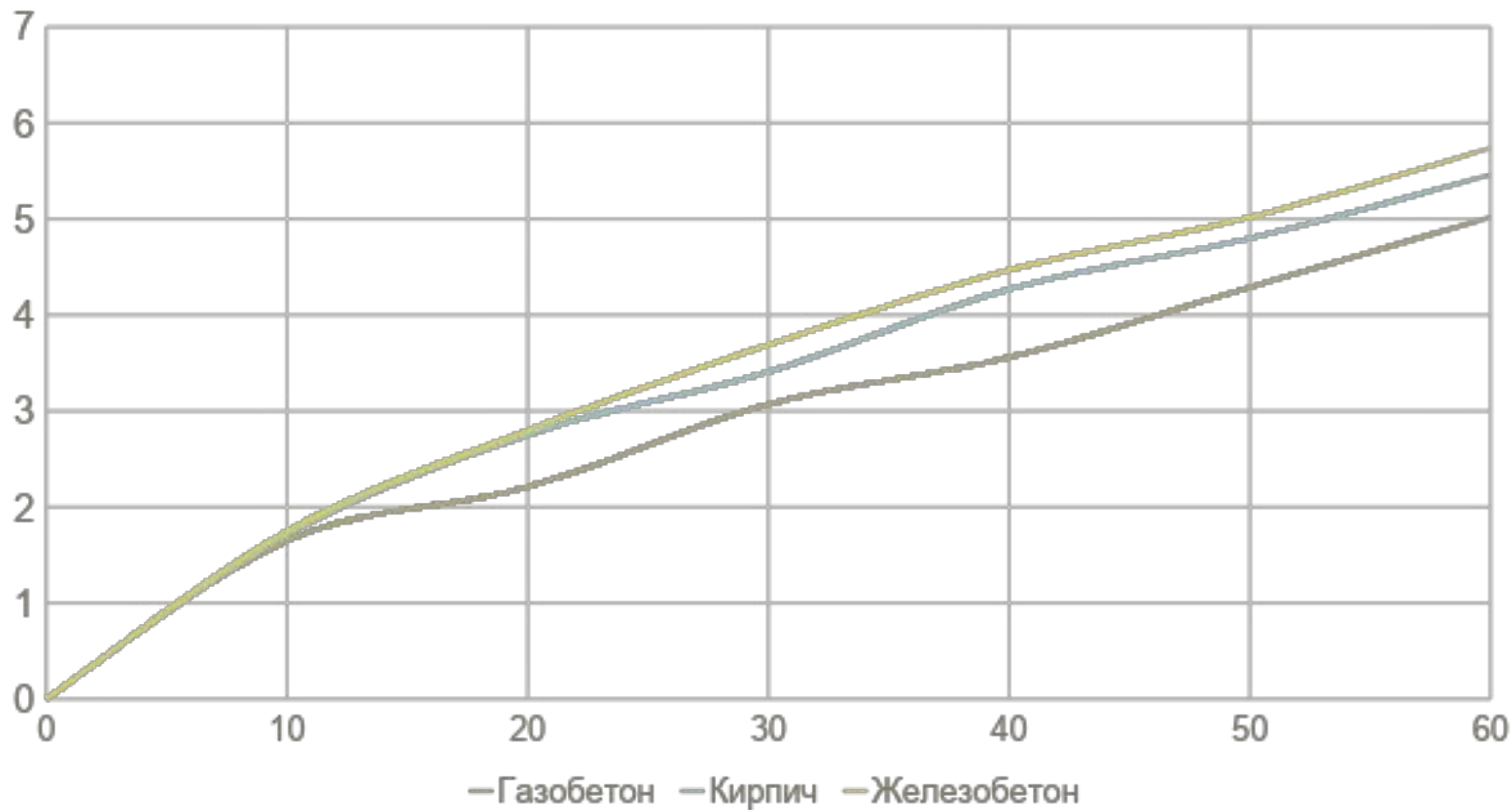
Тепловой поток  
 $F$  (Вт/м<sup>2</sup>)



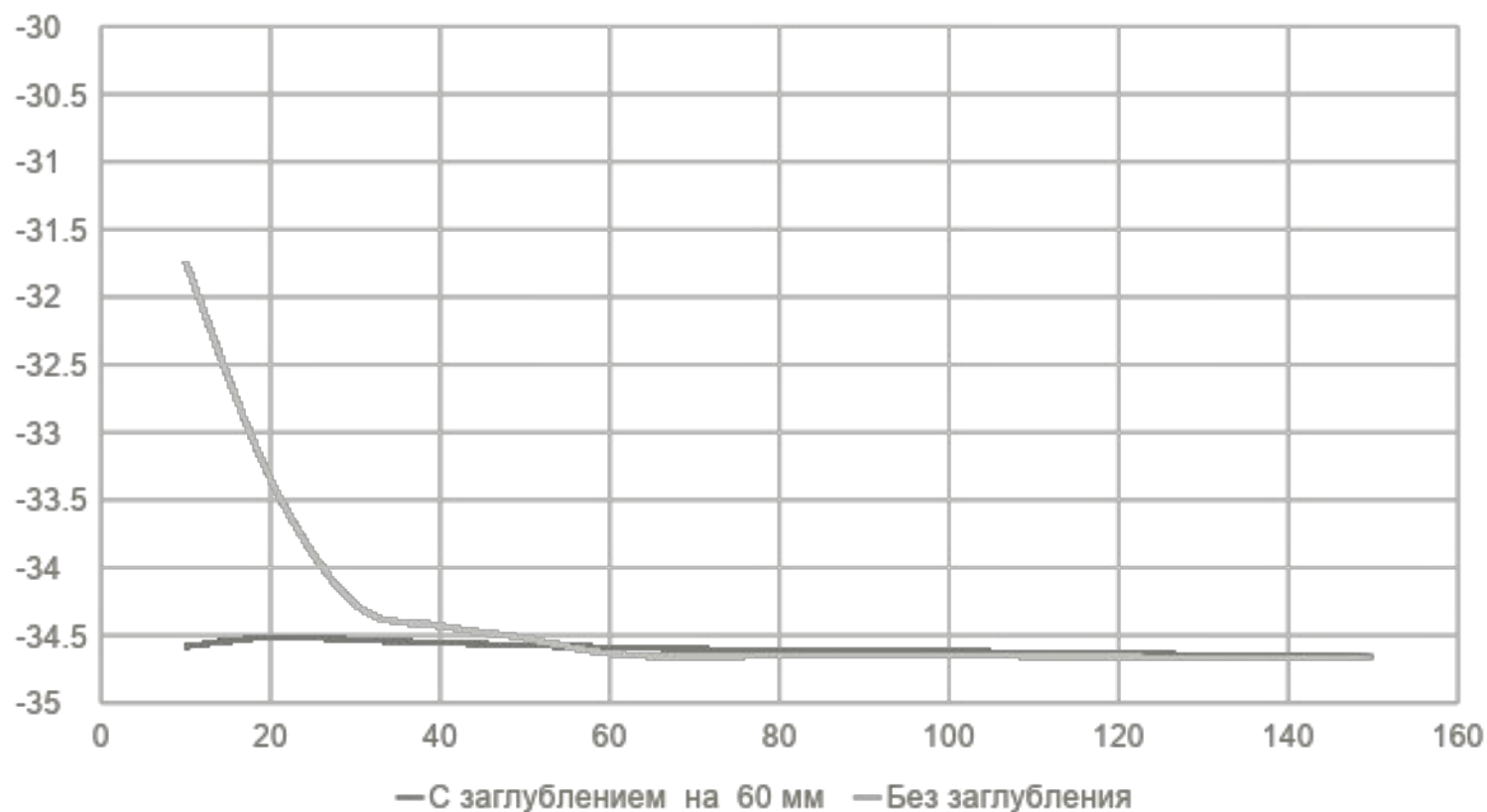
# СВОДНАЯ ТАБЛИЦА РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА

Заглубление тарельчатого дюбеля, мм	Тепловой поток, Вт.			Приведенное сопротивление теплопередаче, $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$			Снижение теплового потока по отношению к дюбелю без заглубления, %		
	Газобетон	Кирпич	Железо бетон	Газобетон	Кирпич	Железо бетон	Газобетон	Кирпич	Железо бетон
0	1.128	1,273	1,365	6.030	5,368	4,996	0	0,00	0,00
10	1.109	1,251	1,341	6.147	5,463	5,088	1,65	1,71	1,75
20	1.103	1,238	1,326	6.211	5,524	5,144	2,21	2,75	2,80
30	1.093	1,230	1,314	6.179	5,562	5,194	3,07	3,41	3,69
40	1.087	1,219	1,304	6.296	5,613	5,237	3,56	4,27	4,47
50	1.079	1,212	1,296	6.329	5,647	5,270	4,29	4,80	5,02
60	1.071	1,204	1,286	6.369	5,686	5,311	5,02	5,46	5,74
Без теплопроводного включения	1.010	1,120	1,191	6.809	6,122	5,753	10,42	11,99	12,76

# СНИЖЕНИЕ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ПО ОТНОШЕНИЮ К ДЮБЕЛЮ БЕЗ ЗАГЛУБЛЕНИЯ



# ГРАФИК ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДАЛЕНИЯ ОТ ОСИ ДЮБЕЛЯ



# ВЫВОДЫ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ ЗАГЛУБЛЕНИЯ ТАРЕЛЬЧАТОГО ДЮБЕЛЯ В УТЕПЛИТЕЛЬ

1. Тарельчатый дюбель снижает приведенное сопротивление теплопередачи конструкции на рассмотренных участках до 13%. Тарельчатые дюбели необходимо учитывать в теплотехническом расчете.
2. Заглубление тарельчатого дюбеля утеплитель – это эффективный метод, который позволяет снизить его влияния почти вдвое.
3. Применение заглубленных тарельчатых анкеров особенно актуально в фасадах с тонкой штукатуркой по утеплителю для борьбы с дефектами, вызванными локальными участками повышенной температуры.
4. Необходима проработка технологического аспекта заглубления дюбеля

# МОДЕЛИРОВАНИЕ УЗЛОВ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ ФАСАДА В ПРОГРАММЕ SOLIDWORKS SIMULATION

Задача: оценить влияние различных конструкций подсистемы на приведенное термическое сопротивление стены

Рассматриваемые условия

Расположения кронштейнов:  
Крепление к перекрытию;  
Крепление к самонесущей стене.

Конструкции несущих подсистем:  
L-образная;  
U-образная;

Модель

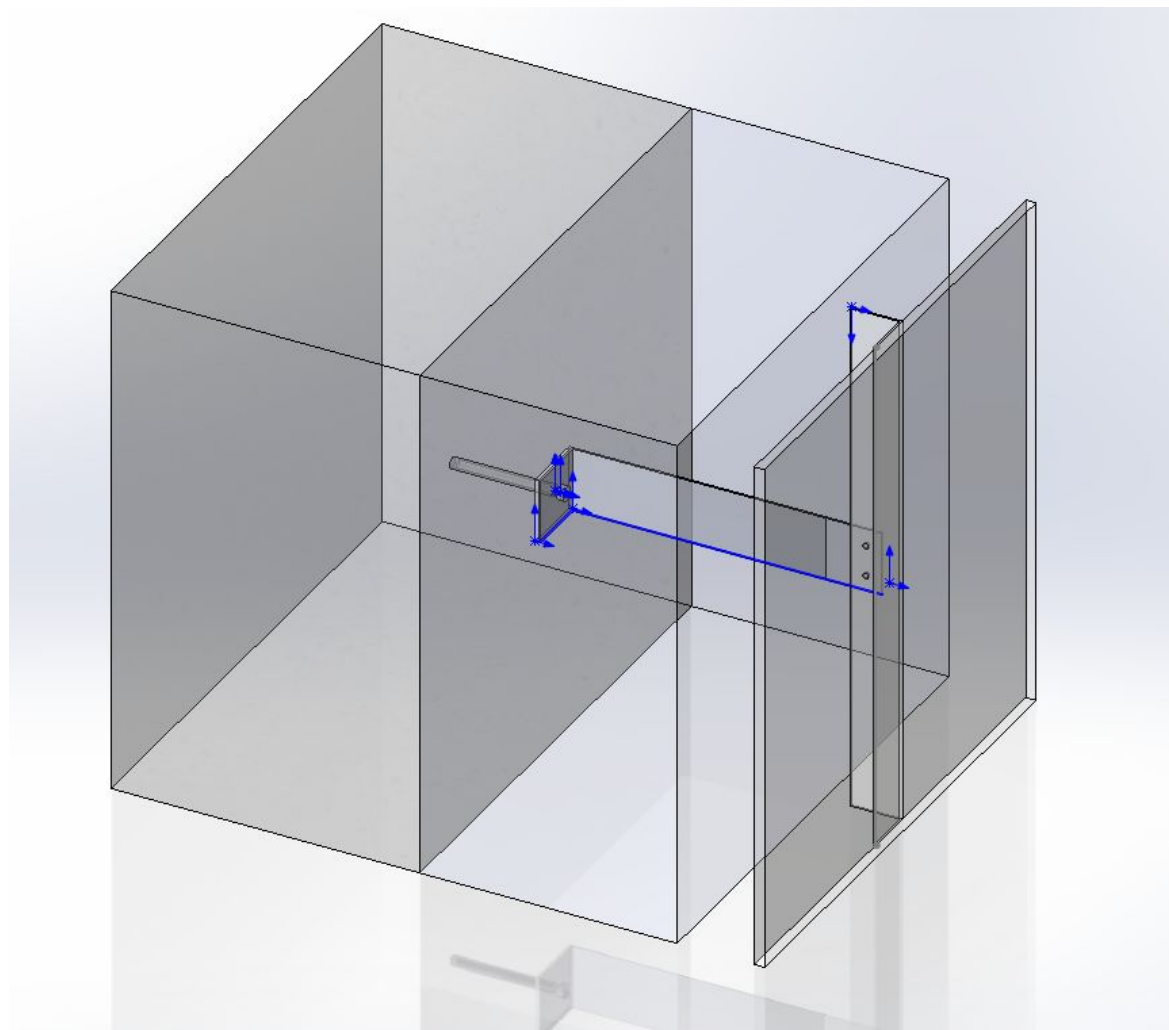
Стационарная трехмерная

Оцениваемый параметр

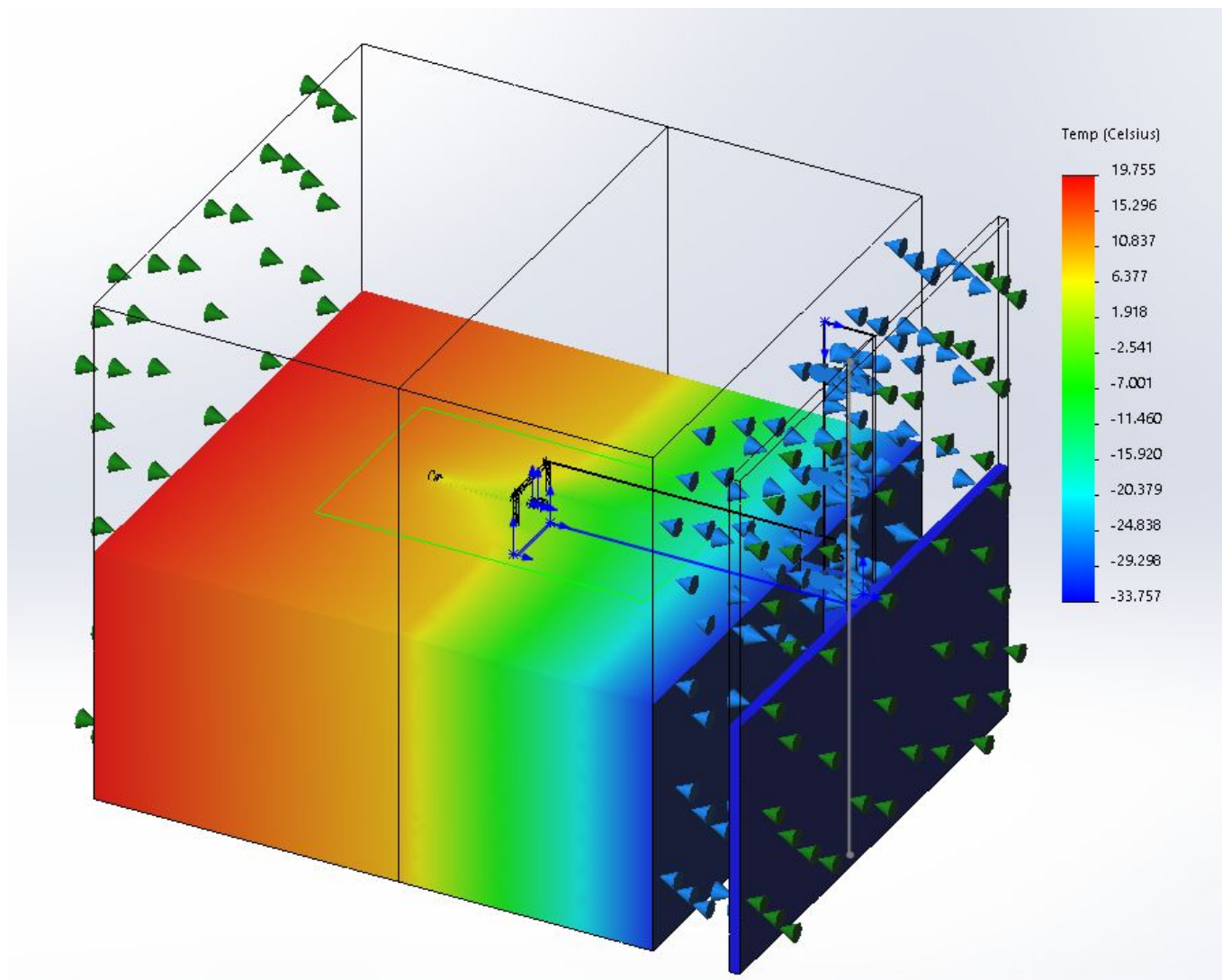
Тепловой поток через поверхность модели



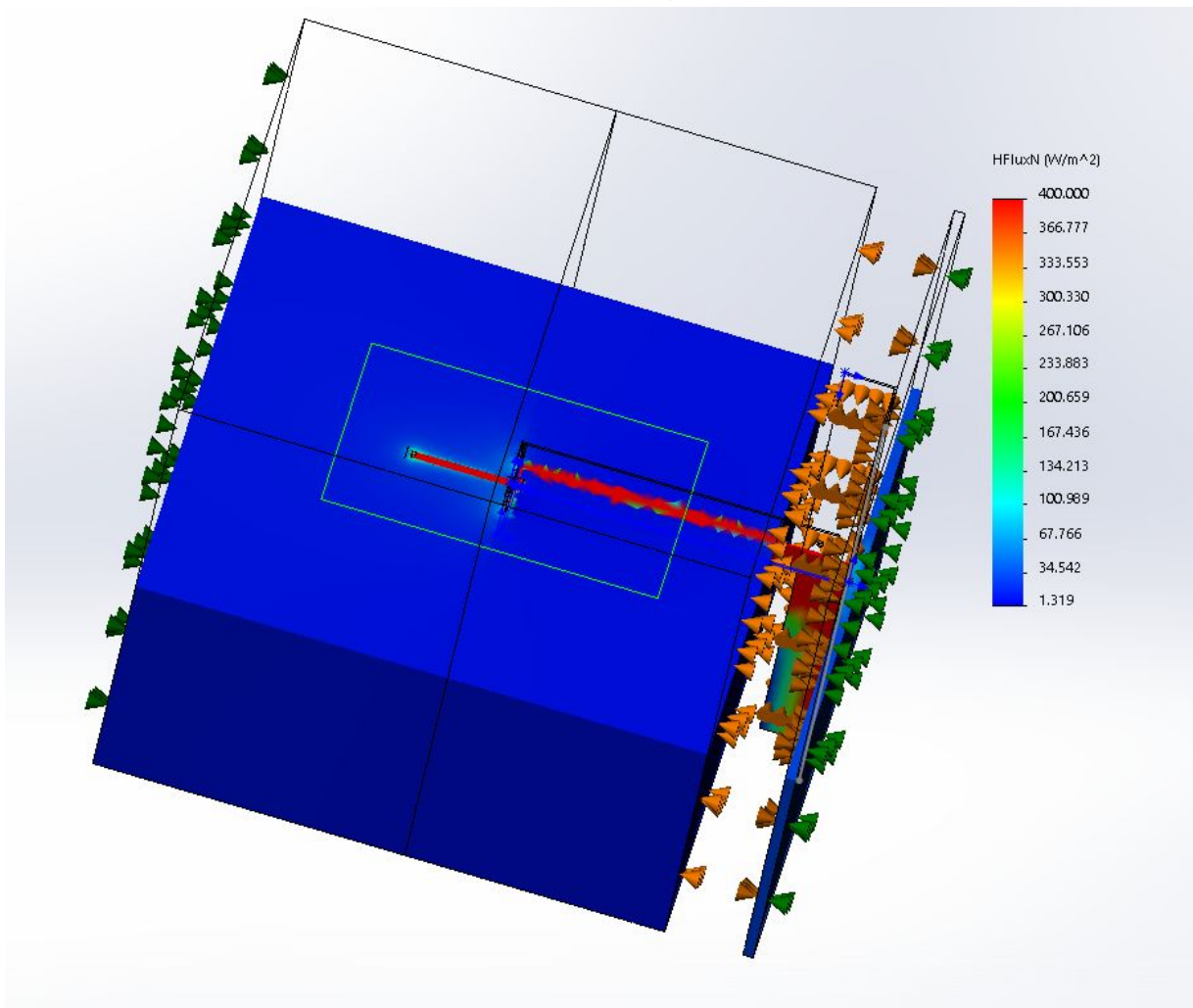
# РАСЧЕТНАЯ СХЕМА L-ОБРАЗНОГО КРОНШТЕЙНА ПОДСИСТЕМЫ НВФ



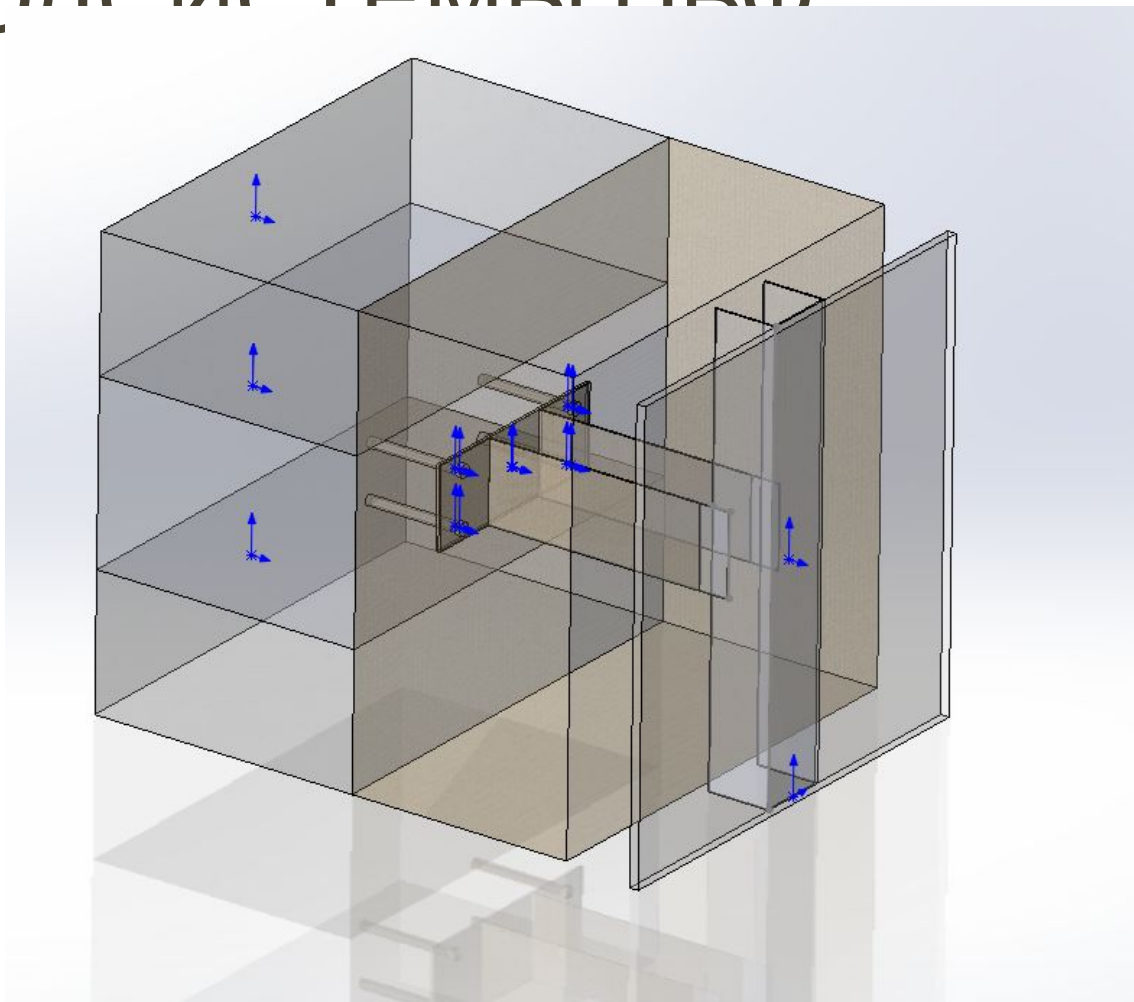
# ТЕРМИЧЕСКАЯ ЭПЮРА L-ОБРАЗНОГО КРОНШТЕЙНА ПОДСИСТЕМЫ НВФ, РАССЧИТАННАЯ В SOLIDWORKS SIMULATION



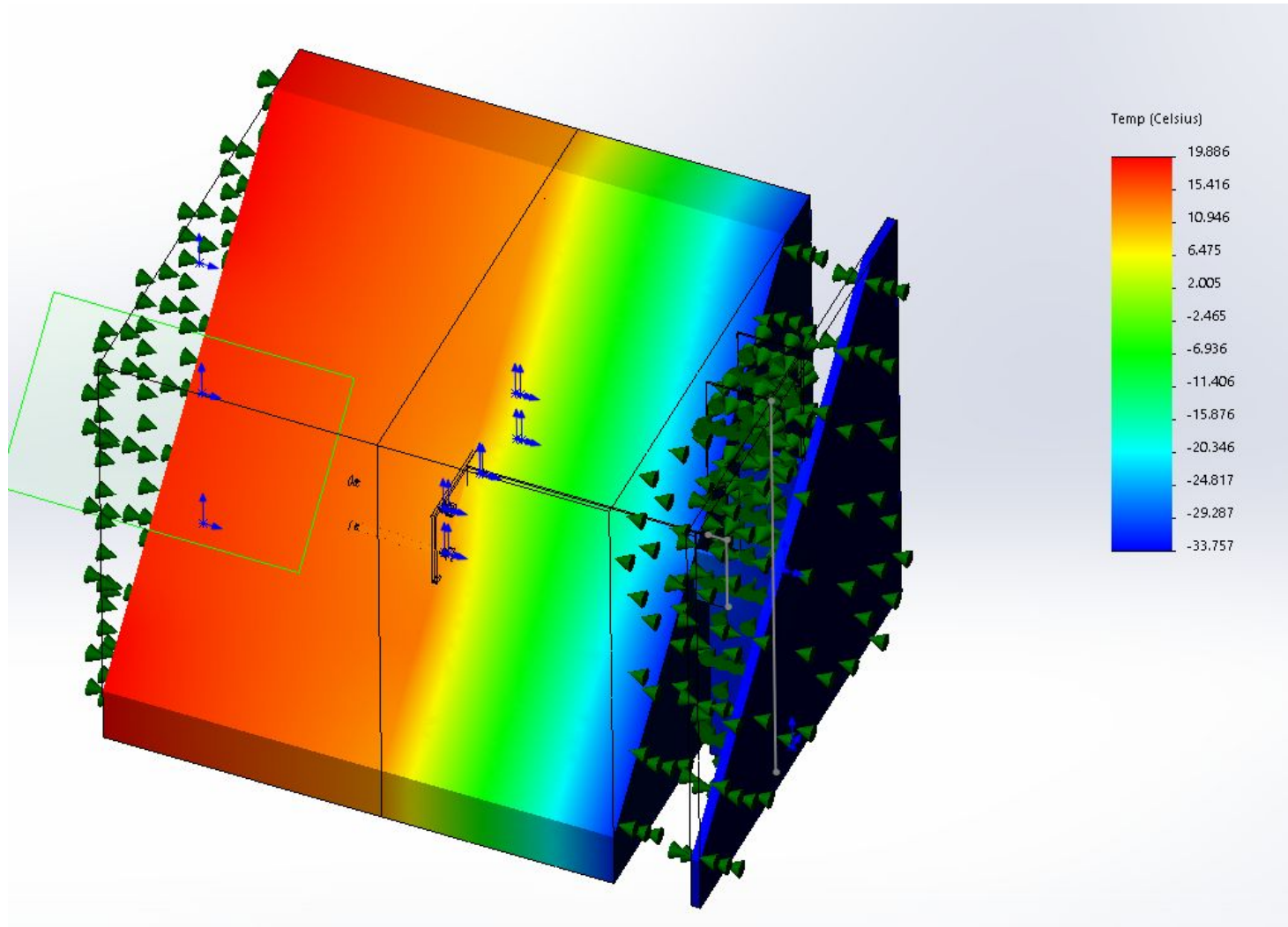
# ЭПЮРА ТЕПЛОВОГО ПОТОКА L-ОБРАЗНОГО КРОНШТЕЙНА ПОДСИСТЕМЫ НВФ, РАССЧИТАННАЯ В SOLDWORKS SIMULATION



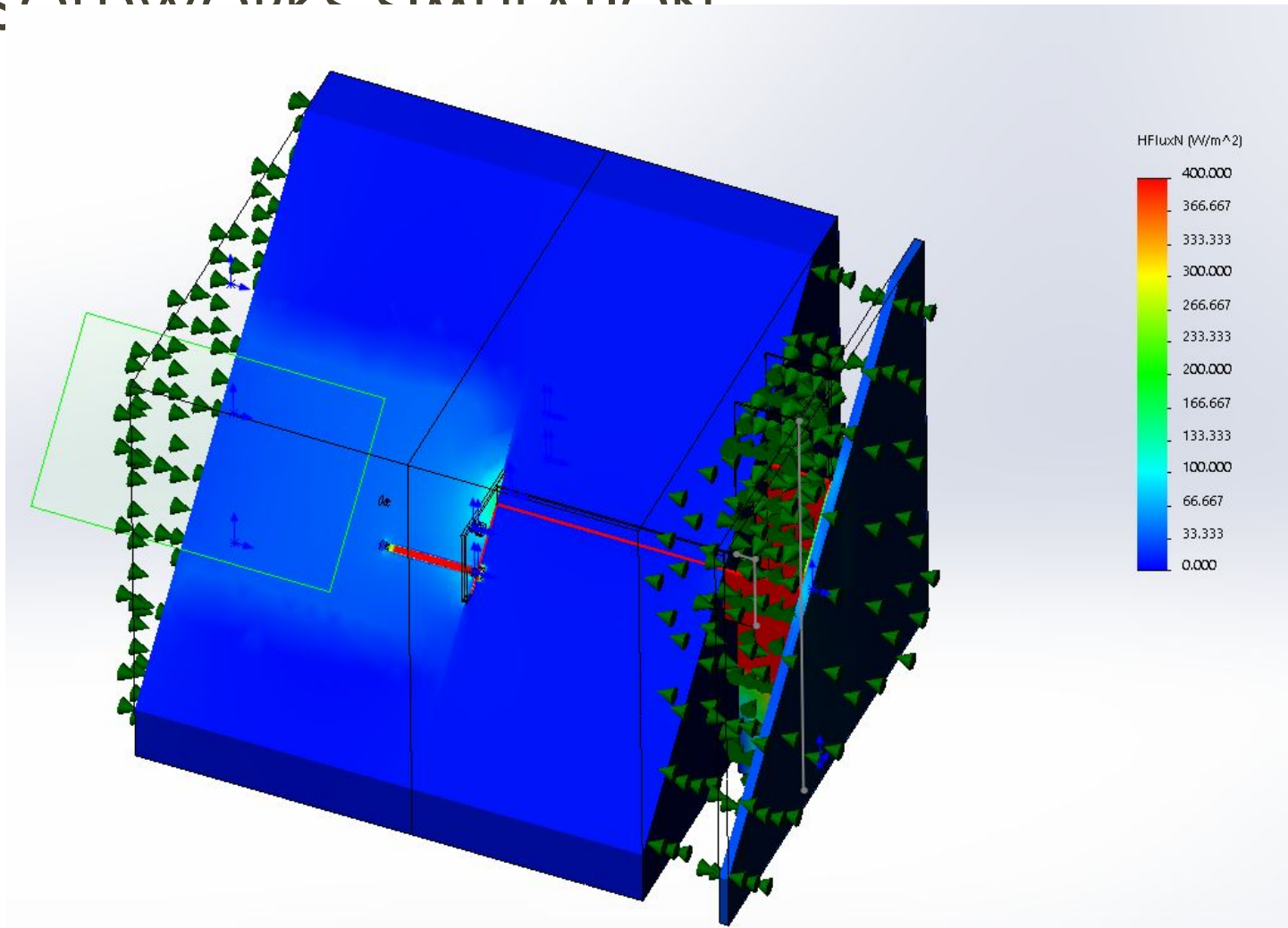
# РАСЧЕТНАЯ СХЕМА U- ОБРАЗНОГО КРОНШТЕЙНА ПОДСИСТЕМЫ НВФ



# ТЕРМИЧЕСКАЯ ЭПЮРА U-ОБРАЗНОГО КРОНШТЕЙНА ПОДСИСТЕМЫ НВФ, РАССЧИТАННАЯ В SOLDWORKS SIMULATION



# ЭПЮРА ТЕПЛОВОГО ПОТОКА U-ОБРАЗНОГО КРОНШТЕЙНА ПОДСИСТЕМЫ НВФ, РАССЧИТАННАЯ В SOLIDWORKS SIMULATION



# ВЫВОДЫ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ КРОНШТЕЙНА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SOLDWORKS SIMULATION

- Тепловой поток через поверхность :
  - L-образного профиля  $9,74 \text{ Вт/м}^2$
  - U-образного профиля  $17,88 \text{ Вт/м}^2$
- Во многом такая разница обусловлена наличием железобетонного перекрытия.
- Требуется разработка термического разрыва в кронштейне.

# ПЛАНИРУЕМЫЕ РАБОТЫ

1. Смоделировать прочие варианты подсистемы навесного вентилируемого фасада и сравнить их;
2. Смоделировать заглибление тарельчатого дюбеля в Solidworks Simulation, сравнить полученные результаты с результатами в Elcut;
3. Разработать организационно-технологические решения для выбранного объекта;
4. Подготовить статью в журнал «Вестник МГСУ. Строительство и архитектура» (журнал ВАК);
5. Выступить с докладом на студенческой конференции СТФ и публикацией статьи (РИНЦ).