



Александр Галямичев

Специфика статического
расчёта кирпичной кладки в
составе НФС



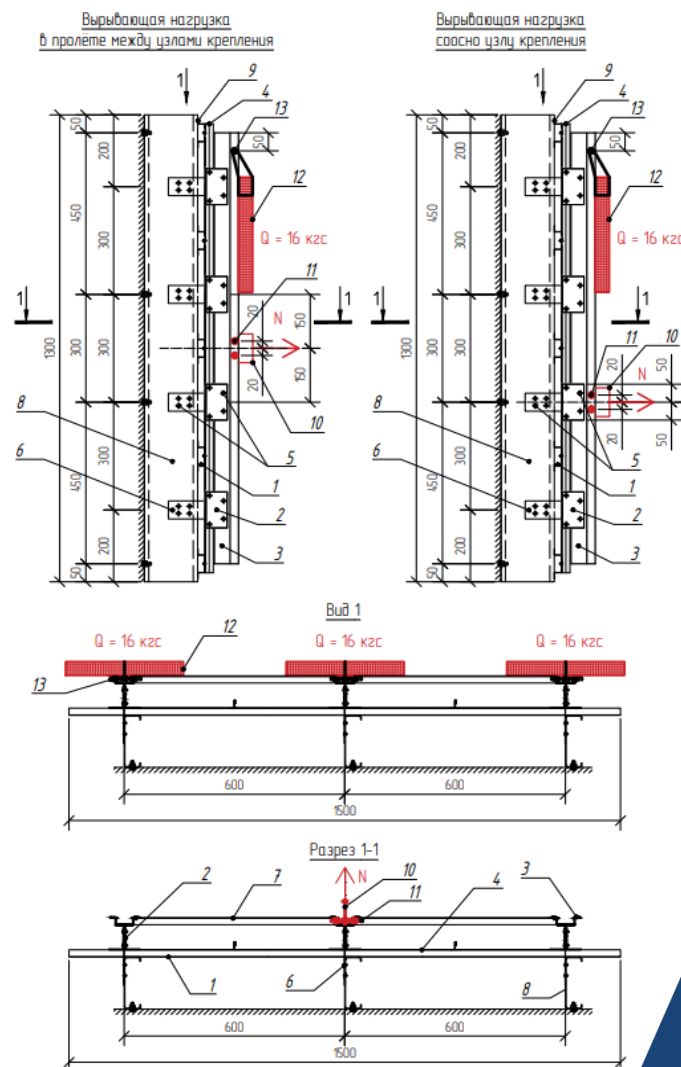
ПОЛИТЕХ

Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

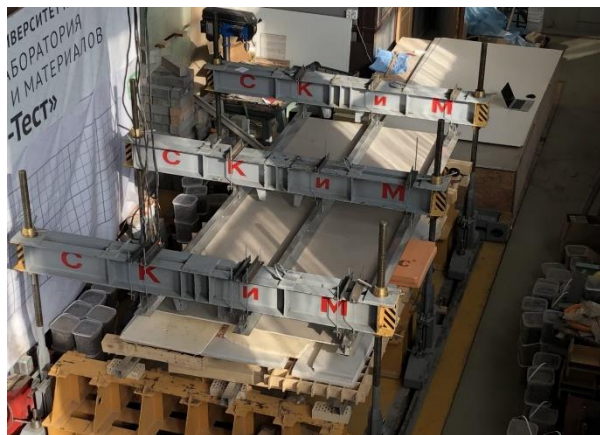


Компетенции НИЛ ФКЗис

- Анализ применяемых технических решений в проектной документации (стадия Р, стадия П) на фасадные конструкции (НФС, СПК). Проверка соответствия требованиям действующей нормативной документации.
- Разработка экспертных заключений по определению несущей способности (статических расчётов) фасадных конструкций (НФС, в том числе, облицовка; СПК, в том числе, заполнение)
- Проведение экспериментальных исследований по определению несущей способности фасадных конструкций (как узловых решений, так и полноразмерных конструкций). Разработка технических отчётов на основании проведённых испытаний, подготовка технических решений по приведению конструкции к требуемым параметрам



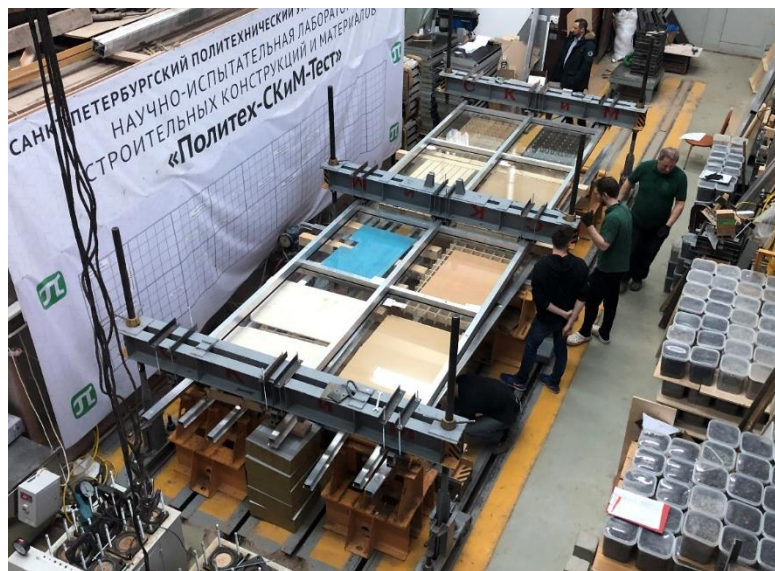
Компетенции НИЛ ФКЗиС



Испытание на
действие равномерно
распределённой
нагрузки



Компетенции НИЛ ФКЗис

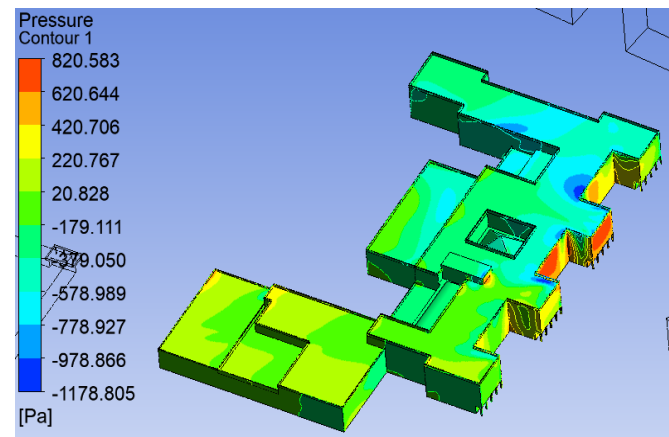
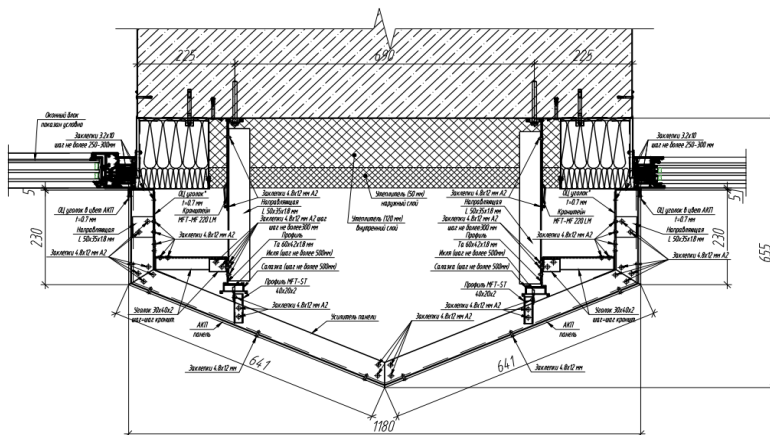


Испытание на
действие равномерно
распределённой
нагрузки



Компетенции НИЛ ФКЗиС

- Консультации по вопросам применения навесных фасадных систем и светопрозрачных конструкций и их соответствия требованиям действующей нормативной документации. Разработка сложных узловых решений, их проверка в рамках детализированного статического расчёта.
- Участие в совещаниях в качестве независимого эксперта при решении спорных вопросов.
- Выполнение математического моделирования ветровых нагрузок.
- Консультации по оптимизации применяемых технических решений, основанные на выполнении детализированных расчётов и опыта проведённых экспериментальных исследований.
- Увязка технических решений по устройству смежных узлов нескольких фасадных систем (например, СПК и НФС)



Нормативная документация

СП 15.13330.2020

Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации

СВОД ПРАВИЛ СП 15.13330.2020

КАМЕННЫЕ И АРМОКАМЕННЫЕ
КОНСТРУКЦИИ

Актуализированная редакция

СНиП II-22-81*

Издание официальное

Москва 2020

Каменные и
армокаменные
конструкции

СП 327.1325800.2017

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СВОД ПРАВИЛ СП 327.1325800.2017

СТЕНЫ НАРУЖНЫЕ С ЛИЦЕВЫМ КИРПИЧНЫМ СЛОЕМ
Правила проектирования, эксплуатации и ремонта

Издание официальное

Москва 2017

РОССТАНДАРТ
ФУТБ
«СТАНДАРТИЗООРД»
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
И СТАНДАРТИЗАЦИИ
Москва

В НАБОР

Стены наружные с
лицевым кирпичным
слоем. Правила
проектирования,
эксплуатации и ремонта.

СП 522.1325800.2023

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СВОД ПРАВИЛ СП 522.1325800.2023

СИСТЕМЫ ФАСАДНЫЕ НАВЕСНЫЕ
ВЕНТИЛИРУЕМЫЕ
Правила проектирования, производства работ и
эксплуатации

Издание официальное

Москва 2023

Системы фасадные
навесные
вентилируемые



Основные разделы:

1. Область применения
2. Нормативные ссылки
3. Термины и определения
4. Общие положения
5. Правила проектирования НФС
6. Требования к материалам конструкций
- 7. Расчет стержневых элементов каркасов НФС на прочность и устойчивость**
8. Расчет направляющих каркаса
9. Расчет кронштейнов
10. Правила проектирования крепежных соединений
- 11. Правила проектирования облицовочного слоя**
12. Проектирование НФС в сейсмических районах
13. Правила проектирования теплоизоляционного слоя
14. Правила проектирования коррозионной защиты НФС
15. Правила проектирования в части информационного моделирования
16. Обеспечение безопасной эксплуатации НФС
17. Требования пожарной безопасности
18. Правила монтажа НФС
19. Правила эксплуатации НФС



Приложения:

Приложение А. Пример технического задания на проектирование НФС

Приложение Б. Состав работ и порядок проектирования фасадных конструкций

Приложение В. Состав и содержание проектной (рабочей) документации

Приложение Г. Механические характеристики сталей и алюминиевых сплавов

Приложение Д. Формулы для пересчета равных сосредоточенных сил в пролетах неразрезных балок на эквивалентную равномерно распределенную нагрузку

Приложение Е. Расчетные схемы для определения внутренних сил в сечениях балочных систем, закрепляемых в перекрытия зданий от действия равномерно распределенной нагрузки

Приложение Ж. Схемы и таблицы для расчета кронштейнов

Приложение И. Рекомендуемые данные для расчета облицовочных материалов

Приложение К. Порядок проведения и оценка результатов обследования строительного основания под монтаж НФС

Приложение Л. Организация работ по монтажу НФС



На основании СП 522.1325800.2023 требуется выполнять статический расчёт элементов облицовки:

11.4.2 ...Оценку НДС облицовочных элементов, ребер жесткости и элементов крепления необходимо выполнять в соответствии с критериями первой и второй групп предельных состояний.

11.4.3 В ходе оценки прочности облицовки по первой группе предельных состояний проводят:

- проверку прочности облицовки в пролете конструкции и на опоре;
- проверку прочности крепления к каркасу конструкции НФС;
- другие необходимые расчеты, обусловленные проектным решением (при необходимости).

11.4.4 Проверку облицовки по второй группе предельных состояний выполняют исходя из условия, что предельные вертикальные и горизонтальные прогибы и перемещения от действующих нагрузок не должны превышать допускаемые прогибы и перемещения, установленные нормативными документами или по результатам экспериментальных исследований.

11.4.11 Проверка облицовки по второй группе предельных состояний выполняется исходя из условия, что предельные вертикальные и горизонтальные прогибы и перемещения от постоянных, длительных и кратковременных нагрузок не должны превышать 1/150 пролета или 1/75 вылета консоли, если допускаемые прогибы и перемещения не оговорены настоящим и другими нормативными документами.



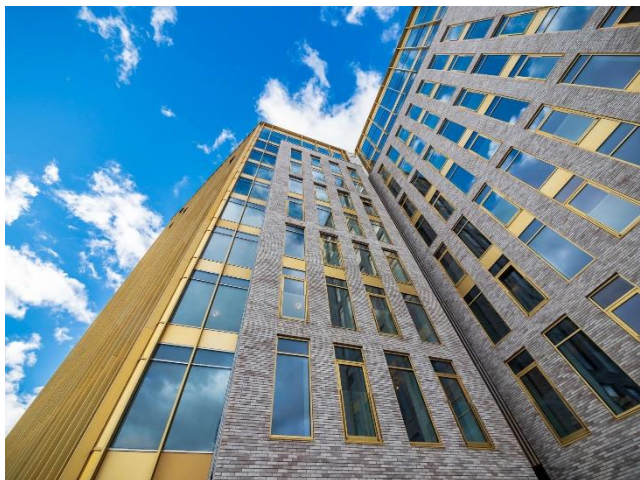
В СП планировалось ввести пункт классификации, устанавливающий базовые критерии и требования по выполнению расчёта и конструированию облицовочных элементов НФС

По соотношению прогиба облицовки к её толщине, облицовки подразделяются на:

- **тонкие облицовки с малыми прогибами** – для случая, когда прогибы облицовки меньше или сопоставимы с её толщиной (например, плиты фиброцементные, панели из бумажно-слоистого пластика, плиты хризотилцементные, панели из минеральной (каменной) ваты, панели из стекла с толщиной до 8 мм (включительно) и более);
- **тонкие облицовки с большими прогибами** – для случая, когда прогибы облицовки больше её толщины (металлокомпозитные кассеты, кассеты из металла, плиты керамического гранита (керамические) толщиной менее 8 мм, панели из стекла с толщиной менее 8 мм, фотоэлектрические модули);
- **толстые облицовки** – для случая, когда прогибы облицовки меньше $1/5$ её толщины (например, объёмная керамика, плитки клинкерные, плитки бетонные, кирпич керамический, плиты из природного камня, плиты керамического гранита (керамические) с толщиной 8 мм и более).

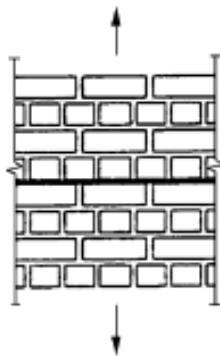


НФС с облицовкой кирпичной кладкой

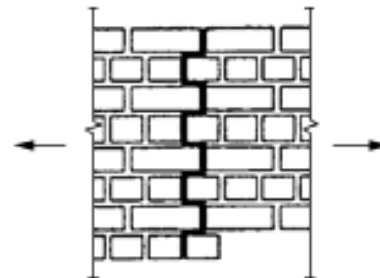


Основные технические требования

1. СП 15.13330.2020 предусматривает проектирование каменных кладок с толщиной не менее 120 мм.



Растяжение кладки по неперевязанному сечению: $R_{tb} = 0,12$ МПа



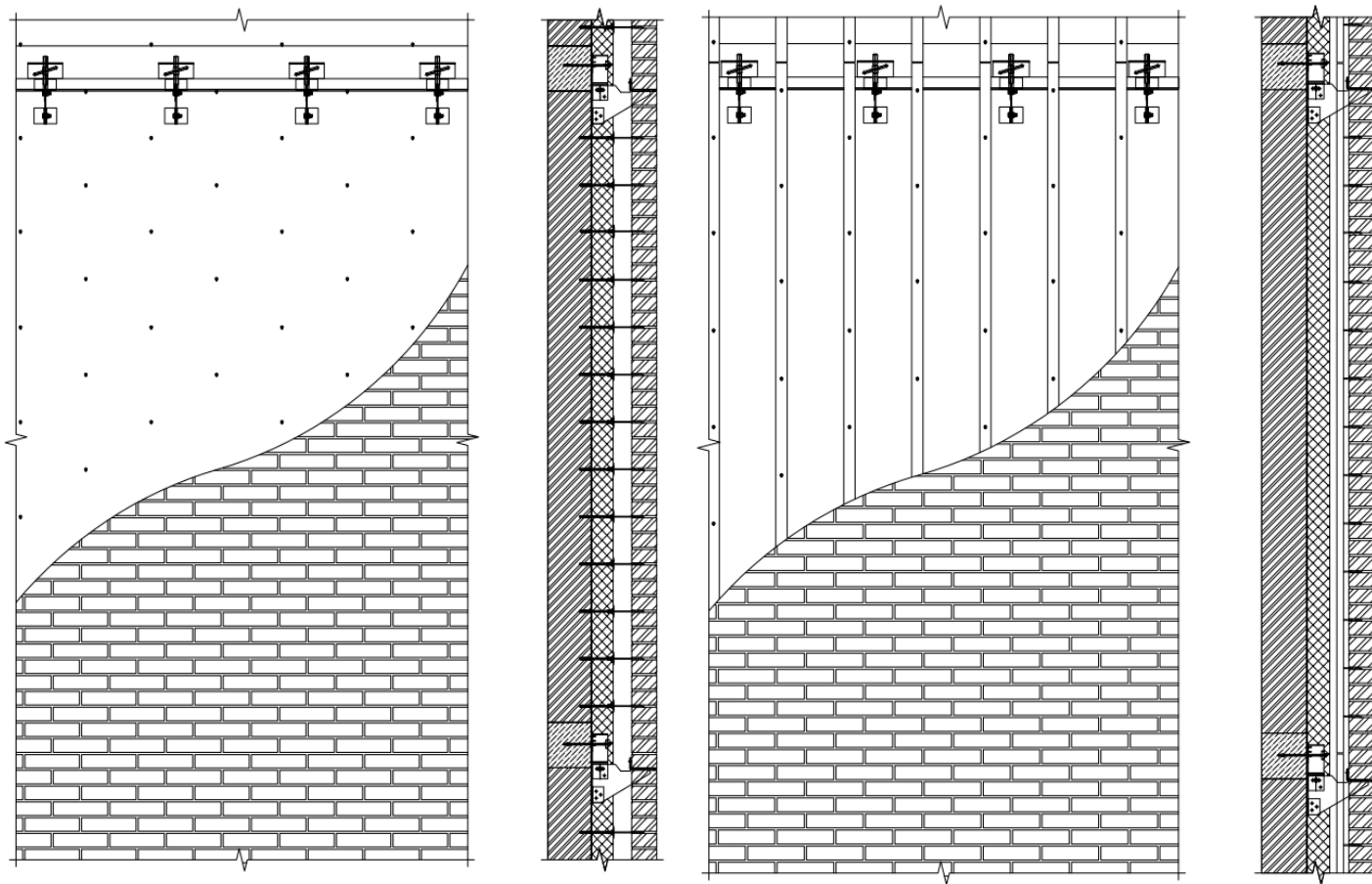
Растяжение кладки по перевязанному сечению: $R_{tb} = 0,25$ МПа

2. Для лицевого слоя толщиной до 120 мм включительно следует преимущественно применять клинкерный или полнотелый кирпич (в том числе, пустотностью до 13%), а также пустотелый кирпич с несквозными пустотами.
3. Необходимо учитывать работу кирпичной кладки как в процессе эксплуатации, так и в период монтажа - под собственным весом происходит сползание кирпичной кладки, в т.ч. при использовании гибких связей

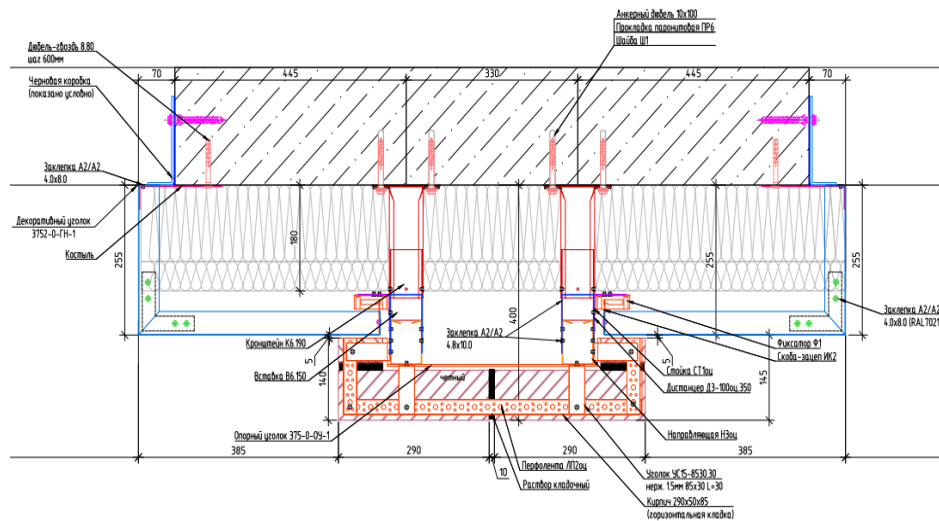
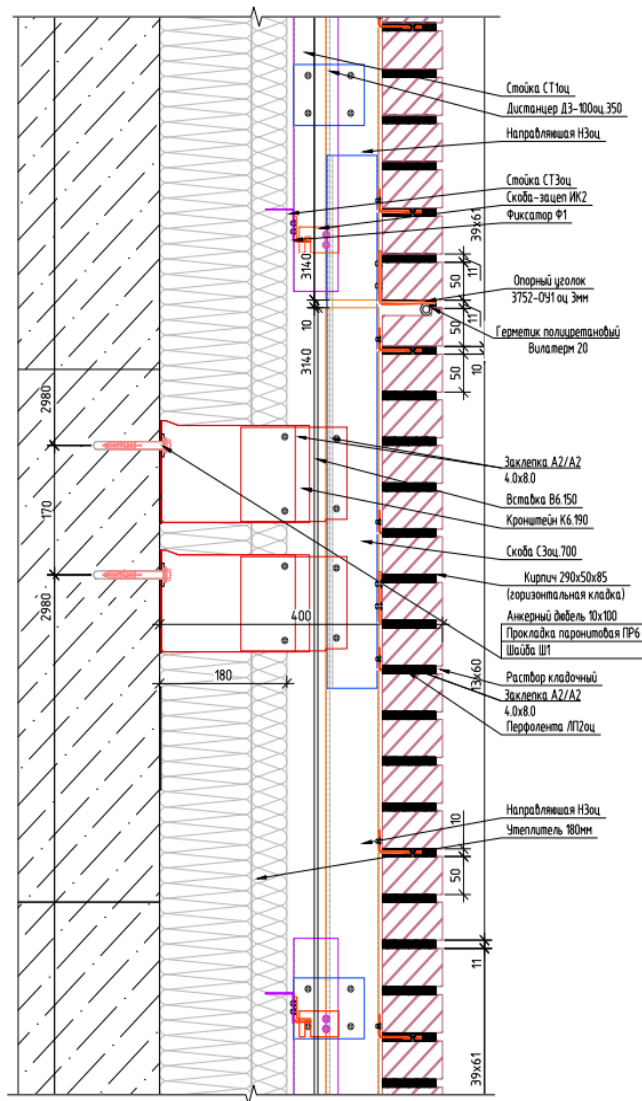


Варианты конструктивного решения. Межэтажные системы

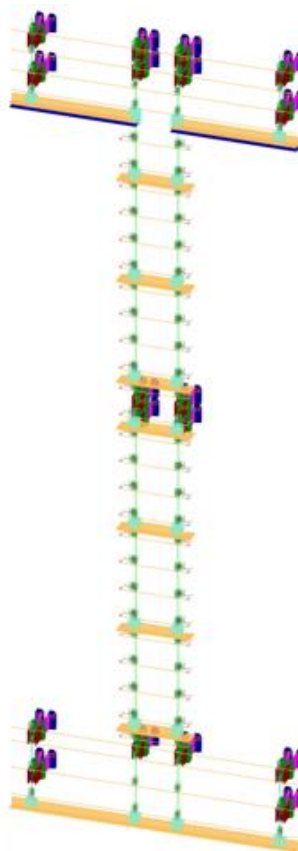
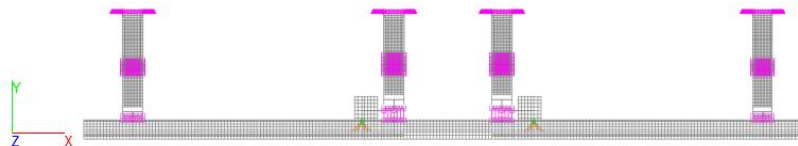
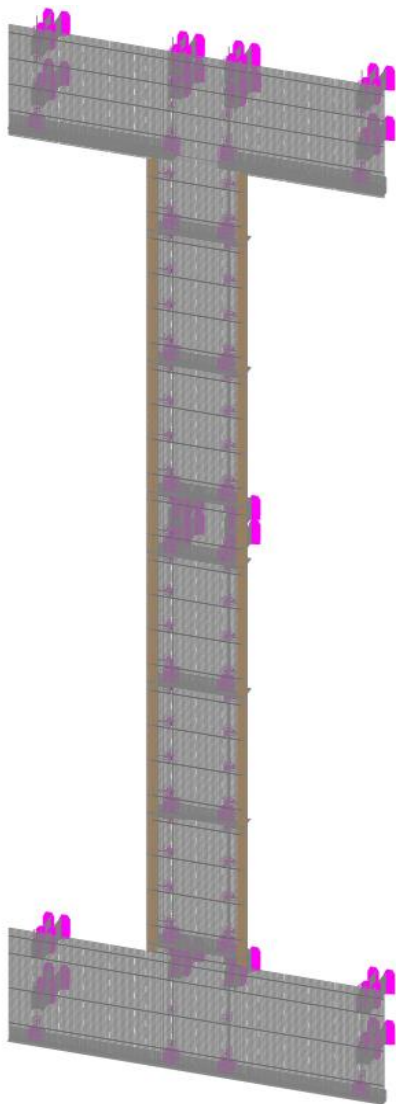
Конструктивные решения по устройству НФС с облицовкой кирпичной кладкой делятся на рядовые и межэтажные системы.



Варианты конструктивного решения. Межэтажные системы



Варианты конструктивного решения. Межэтажные системы



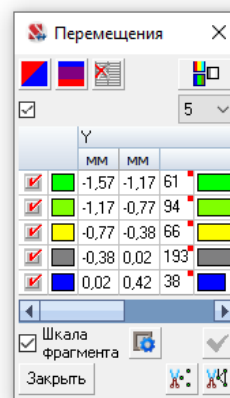
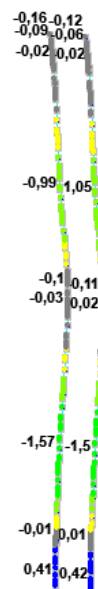
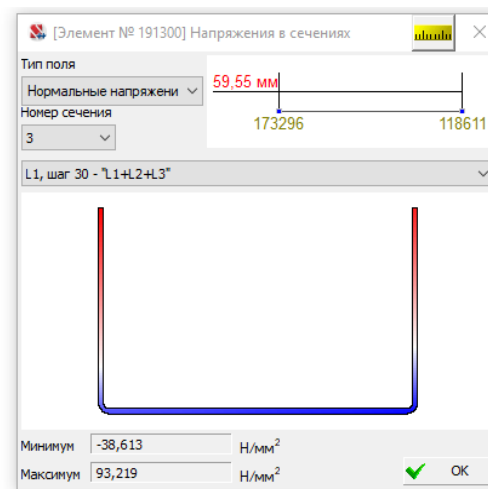
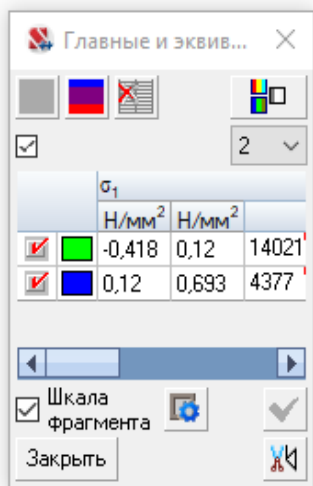
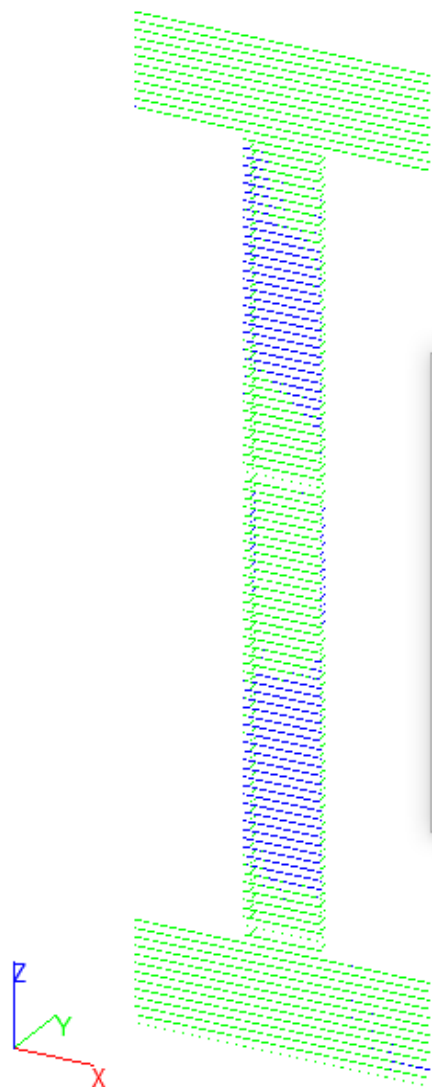
Жесткости

9		R = 1e+008 кг	Упор «кронштейн»	10872
10		50 * 50		108
11		h=3	Опорный уголок	11354
12		45 * 45		600
13		45		48
14		R = 1e+006 кг	Упор уголок в верт напр	652
15		25 * 1	Перфорента	3413
16		30 * 1.5	УС15	470
17		40	Заклётка	180
18		40 * 40	Упор	360
19		R = 1e+006 кг	Упор уголка 2 в верт профил	260
20		EF: 3326160.38		114
21		h=1.5	Опорный уголок 2 (над окон	2352
22		h=3	Кронштейн К.6 - Шайба	3456

Шкала фрагмента
Закрыть



Варианты конструктивного решения. Межэтажные системы



Варианты конструктивного решения. Межэтажные системы

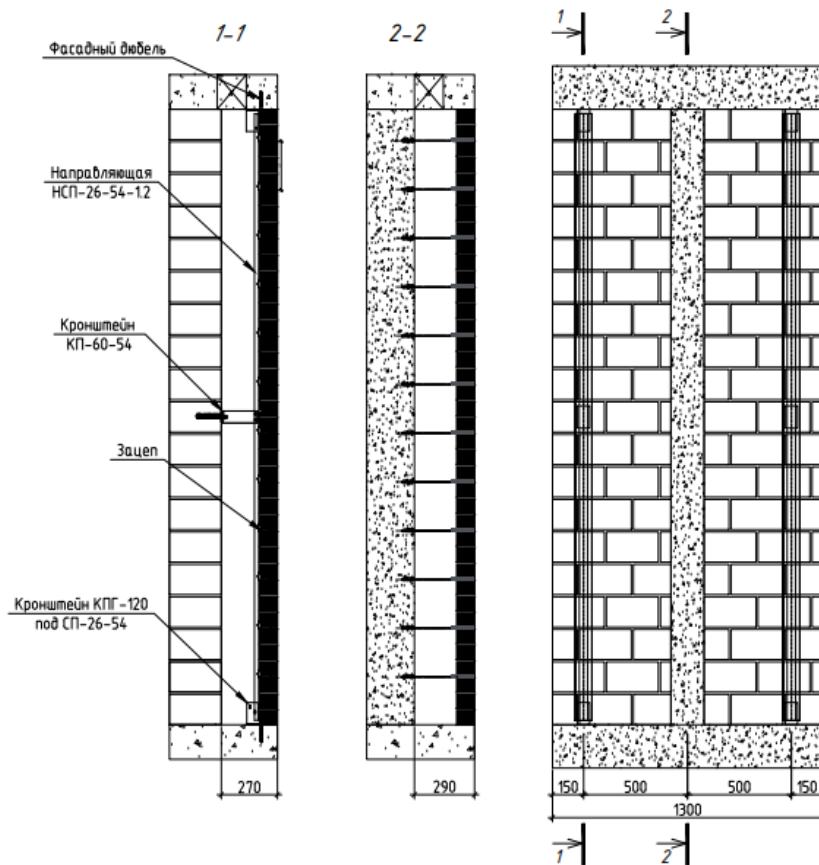
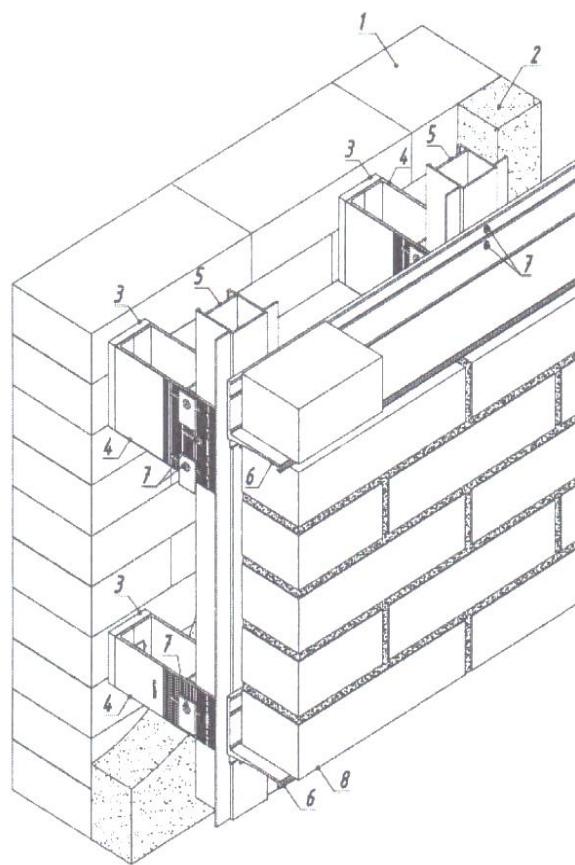
Что делать?

1. Увеличение толщины кладки
2. Введение дополнительных горизонтальных деформационных швов
3. Увеличение толщины направляющего профиля (контрпродуктивно)
4. Повышение расчётного сопротивления изгибу раствора кладки
5. Раскрепление каркаса подсистемы в пролёте конструкции

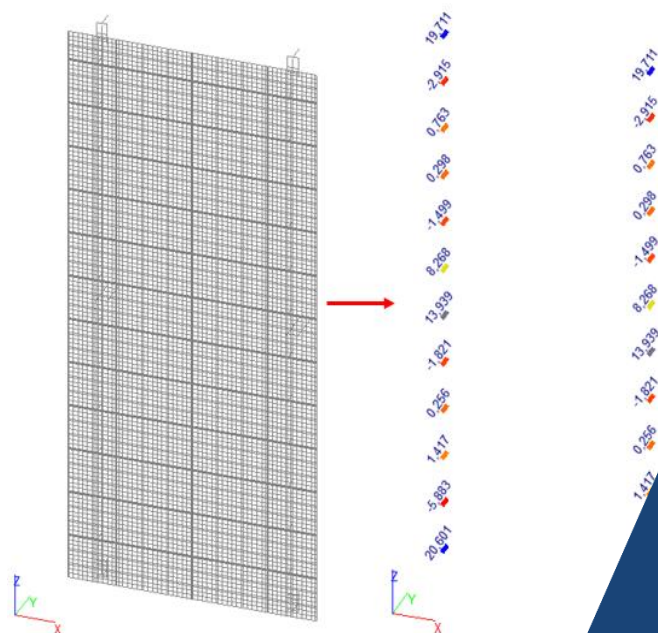
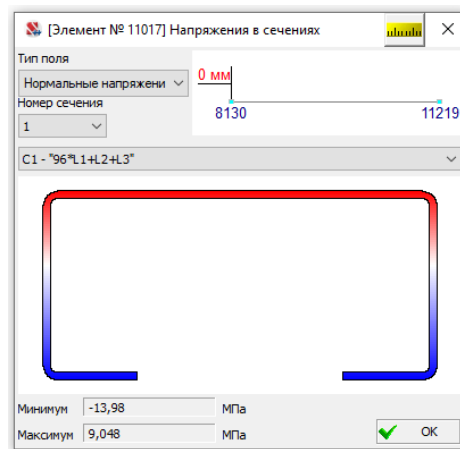
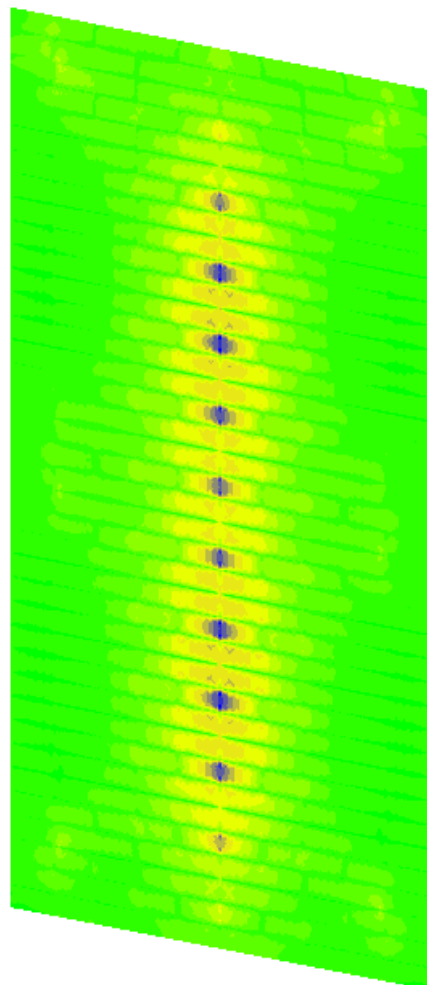
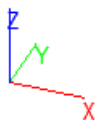
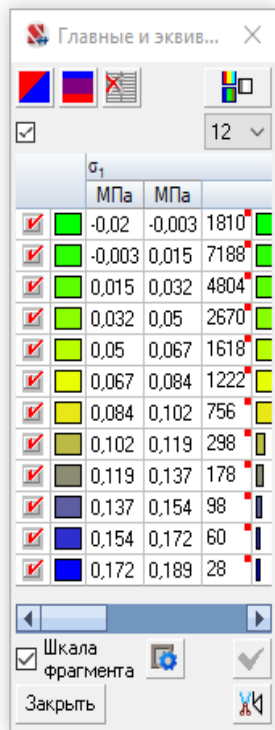


Варианты конструктивного решения. Рядовые системы

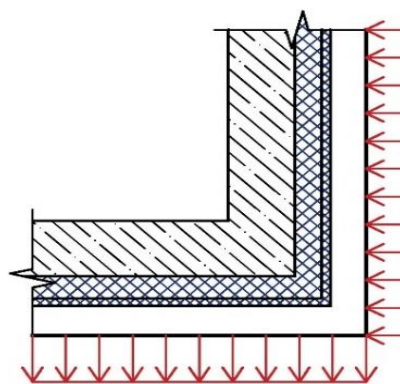
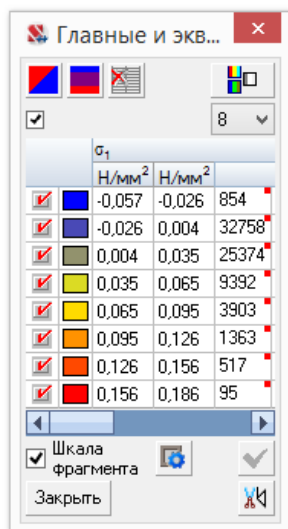
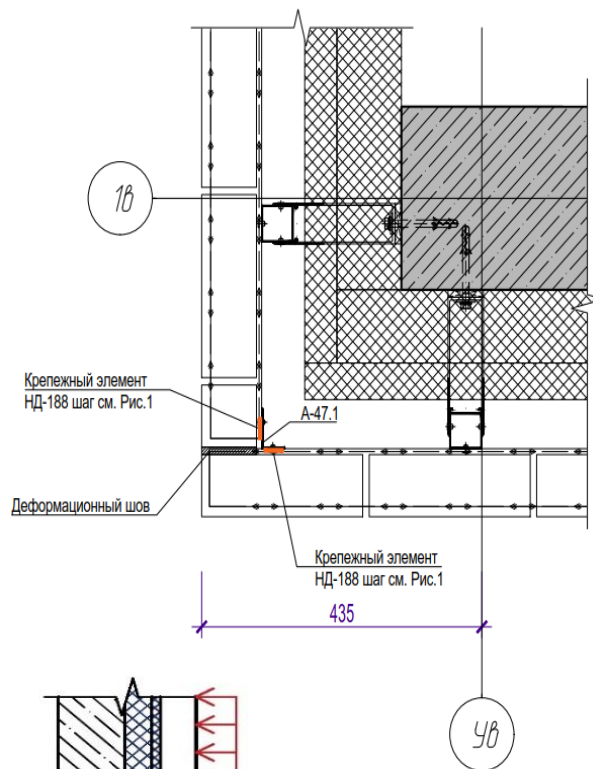
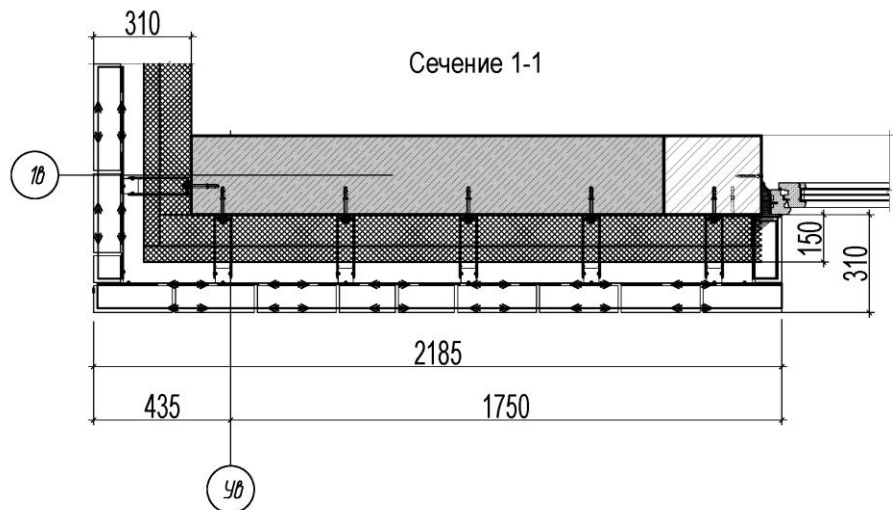
Конструктивные решения по устройству НФС с облицовкой кирпичной кладкой делятся на рядовые и межэтажные системы.



Варианты конструктивного решения. Рядовые системы



Варианты конструктивного решения. Рядовые системы



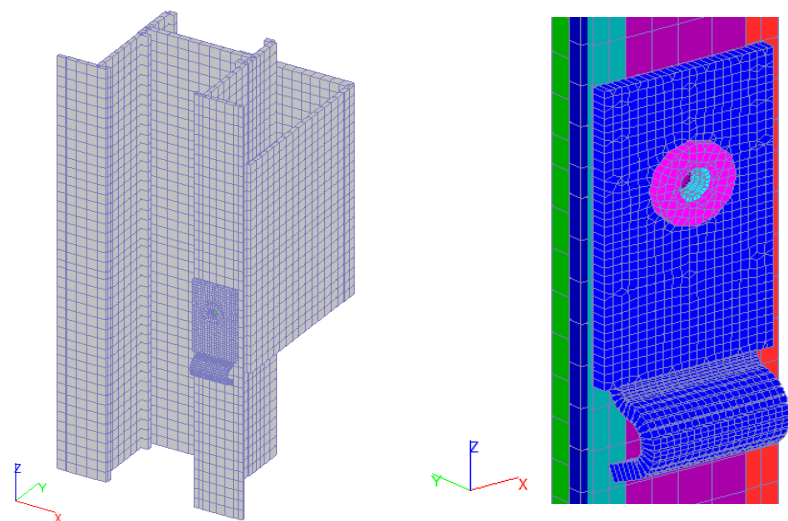
W_{ряд}

W_{усл}

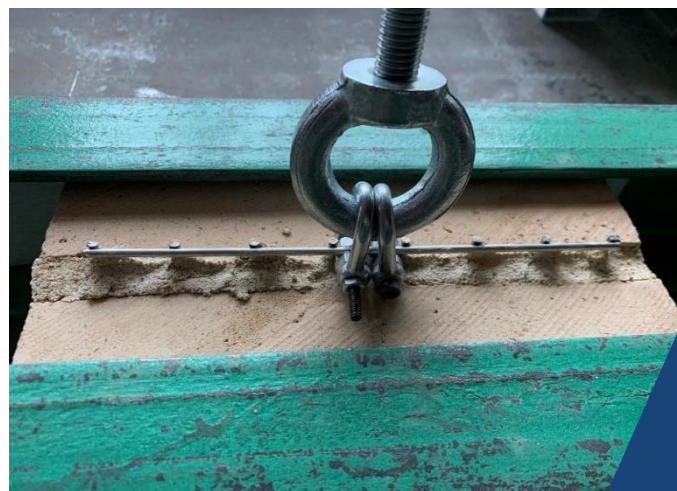
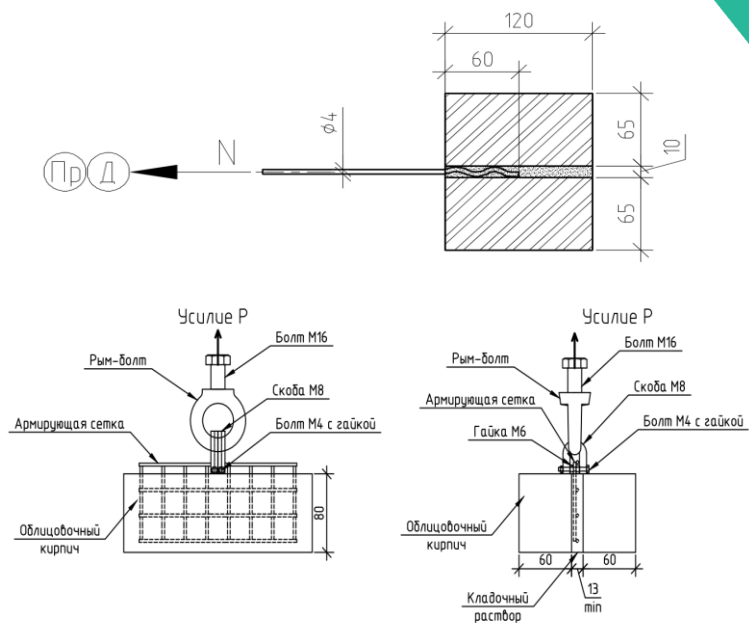


Проверки и требуемые параметры для проектирования

1. Жёсткость и несущая способность кронштейнов крепления
2. Расчётное сопротивление кладки изгибу
3. Расчётное усилие вырыва закладной детали/связи из КК
4. Расчётное усилие вырыва закладной детали/связи из НО (МК, ЖБК и т.п.)
5. Срез растворного шва в районе опорного уголка
6. Параметры жёсткости опорного уголка при монтаже кирпичной кладки
7. Жёсткость узловых креплений закладных деталей



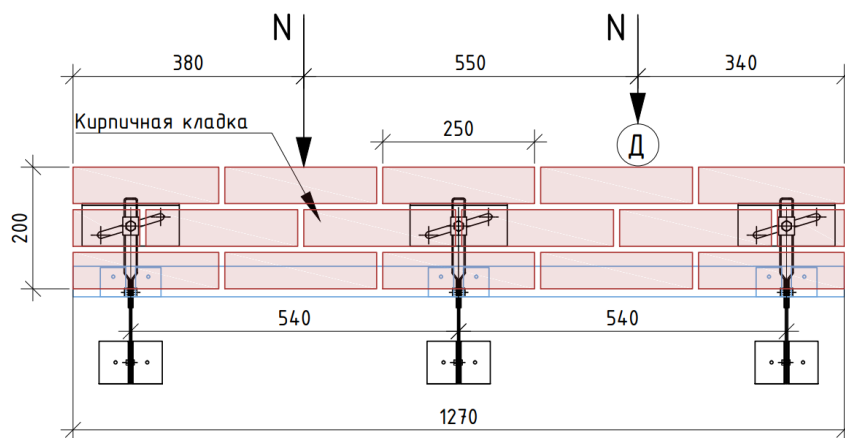
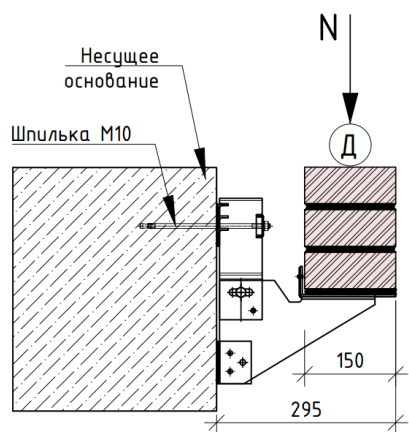
Проверки и требуемые параметры для проектирования



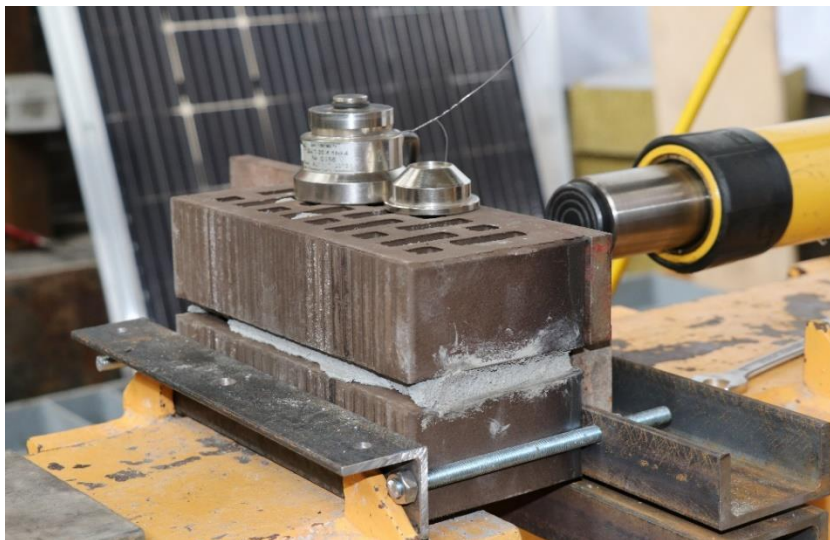
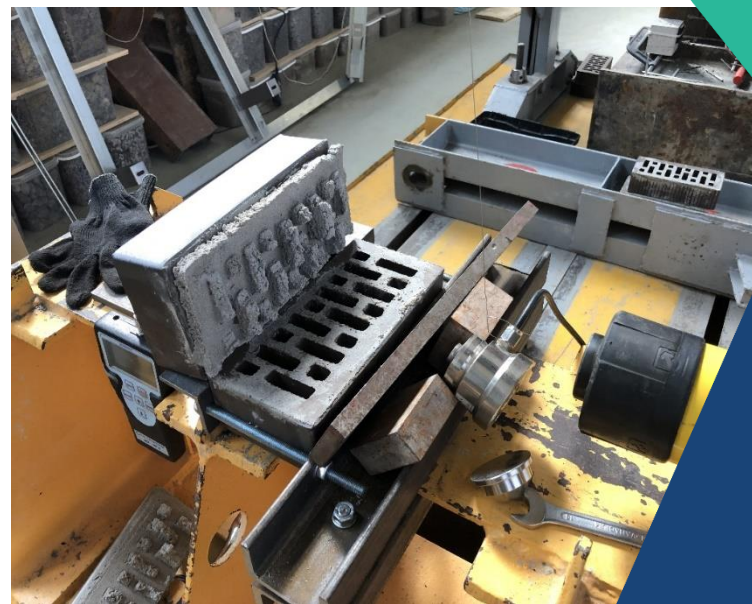
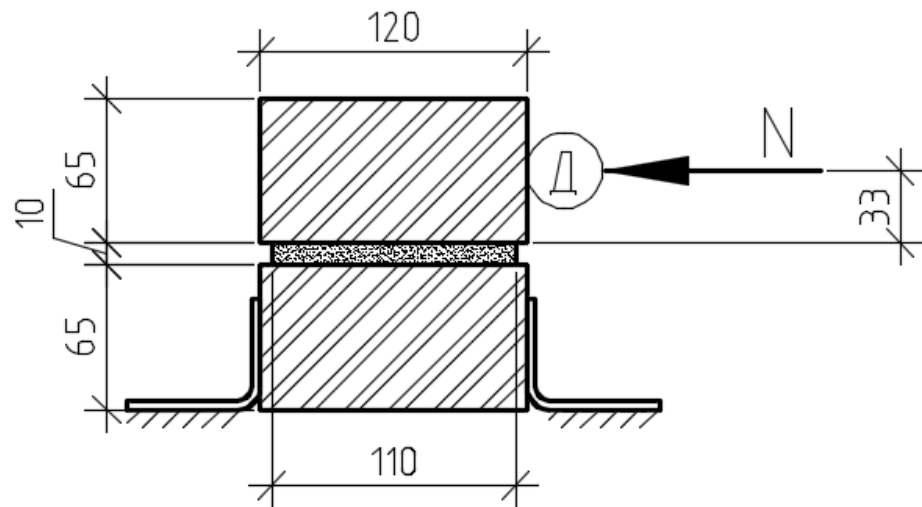
Проверки и требуемые параметры для проектирования



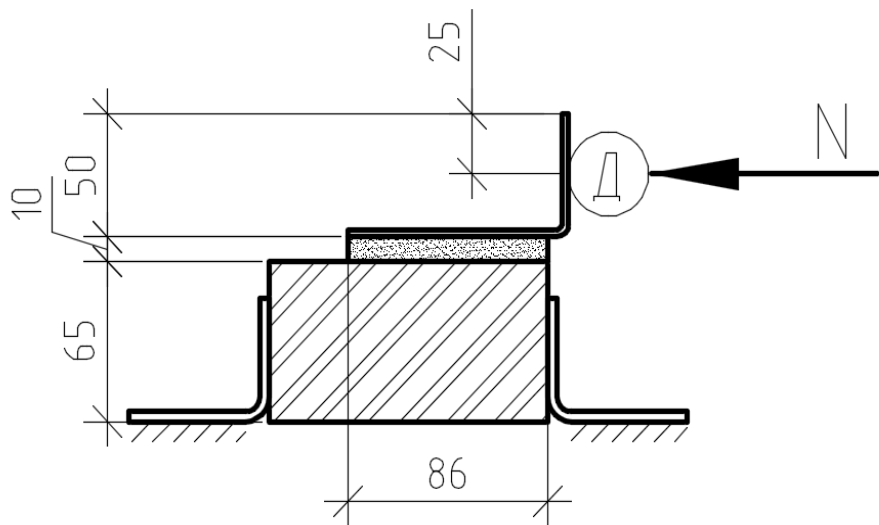
Проверки и требуемые параметры для проектирования



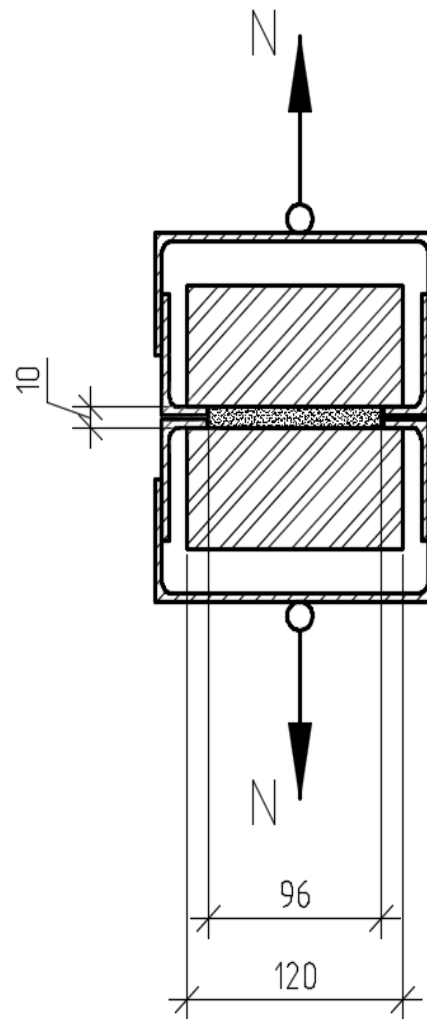
Проверки и требуемые параметры для проектирования



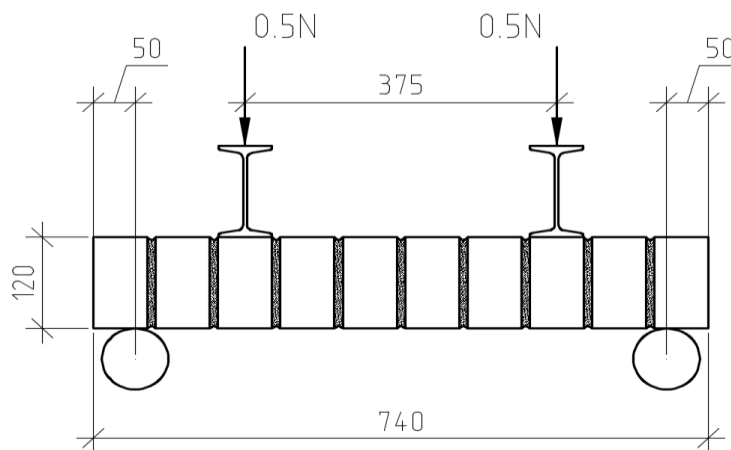
Проверки и требуемые параметры для проектирования



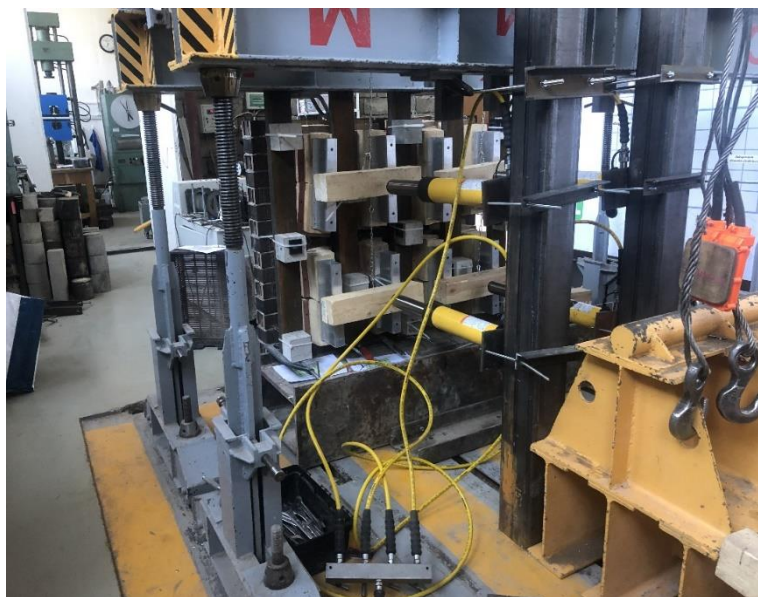
Проверки и требуемые параметры для проектирования



Проверки и требуемые параметры для проектирования



Проверки и требуемые параметры для проектирования



Выводы

1. При расчёте НФС с облицовкой кирпичной кладкой необходимо выполнять расчёт кирпичной кладки, в большинстве случаев она является определяющим элементом в конструкции с точки зрения несущей способности
2. В качестве основных системных решений рекомендуется применять межэтажные системы с устройством гибких связей или рядовые навесные фасадные системы
3. Требуется выполнять расчёт НФС в двух постановках: на этапе монтажа (сползание), в проектном возрасте (когда кладка набрала прочность)
4. Необходимо учитывать, что жёсткость кладки намного выше жёсткости каркаса НФС, вторая группа предельных состояний для конструкции не характерна
5. Конструкция несущего основания должна быть равножёсткой, чтобы не формировать участки повышенной жёсткости системы
6. Уменьшение толщины кладки снижает несущую способность закладных деталей, значительно снижает несущую способность на изгиб
7. Для выполнения корректного проектирования конструкций с применением кирпичной кладки требуется ряд параметров, полученных экспериментально с учётом фактически применённой марки раствора и применяемого кирпича



Образовательная программа «Проектирование фасадных систем»

1. Конструктивная схема и принципиальные конструктивные решения: классификация, особенности преобразования конструктивной схемы в расчётную
 2. Сбор действующих нагрузок и их приложение к расчётной схеме
 3. Механические характеристики конструкций, расчётное и нормативное сопротивление.
 4. Механические характеристики заполнения, правила и методы расчёта.
 5. Геометрические характеристики профилей, учёт редукции элементов сечения.
 6. Статический расчёт НФС
- Особенности расчёта стержневых схем, пределы применимости, граничные условия;
 - Базовые навыки по работе в ПК SCAD Office;
 - Особенности расчёта с применением пластинчатых конечных элементов, учёт заполнения в составе фасадной конструкции;
 - Определение усилий, вычисление перемещений в элементах конструкции НФС, анализ напряжений в сечениях профилей и в пластинчатых конечных элементах (металлических профилей или элементах облицовки);
 - Критерий оценки конструкций и узловых решений по первой и второй группе предельных состояний, проверка элементов конструкции НФС: подбор сечений, проектирование крепления, пути оптимизации.



Галямичев Александр Викторович

Тел.: +7 (911) 811-07-19 | E-mail: galyamichev@yandex.ru

Заведующий научно-исследовательской лабораторией
«Фасадные конструкции зданий и сооружений»

Руководитель расчётно-аналитического центра НИУПЦ
«Межрегиональный институт оконных и фасадных
конструкций»

