



Исх. № 195861 - 14.12.2025/

Информационная статья от: 30.04.2025

Рекомендации по проектированию фундамента типа УШП

Настоящая статья написана в дополнение к СТО 72746455-3.7.6-2023 «Малозаглубленные фундаменты» и носит разъяснительный характер.

В Рекомендациях описаны принципиальные подходы при проектировании малозаглубленных ребристых фундаментов типа Утепленная Шведская Плита (далее — УШП).

Приведенные здесь технические решения и прикладные методики основаны на анализе действующих в Российской Федерации нормативных документов в области проектирования и строительства подземных частей зданий и сооружений, а также знаниях и практическом опыте ведущих специалистов в данной отрасли.

Описание решения



1	<u>Геотекстиль термообработанный ТЕХНОНИКОЛЬ 300 гр/м2</u>
2	Щебень фракции 5-20 мм
3	Песчаная подготовка
4	Экструзионный пенополистирол ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO SP
5	<u>Фиксатор арматуры ТЕХНОНИКОЛЬ</u>
6	Армированная железобетонная плита с системой теплого пола
7	<u>Отсечная гидроизоляция ТЕХНОНИКОЛЬ</u>
8	Дренажная труба

9	Труба ливневой канализации
10	Экструзионный пенополистирол ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO
11	Профилированная дренажная мембрана PLANTER Geo
12	Гравий промытый
13	Отделка фасада
14	Отделка цоколя
15	Краевая декоративная рейка PLANTER Profile

Система ТН-ФУНДАМЕНТ Плита УШП объединяет в себе устройство утепленной монолитной фундаментной плиты и сети коммуникаций, включая систему подогрева пола. Комплексный подход позволяет получить утепленное основание со встроенными инженерными системами и ровный пол, готовый для укладки плитки, паркета или другого финишного покрытия.

Проектирование согласно:

— СТО 72746455-4.2.3-2023 Конструкции зданий и сооружений. Малозаглубленные фундаменты. Материалы для проектирования и правила монтажа.

Производство работ согласно:

— Инструкции по возведению мелкозаглубленных фундаментов по технологии «Утепленная шведская плита».

Общие положения

При проектировании несущих конструкций УШП рекомендуем руководствоваться обязательными к применению требованиями СП 63.13330.2018, СП 96.13330.2016, а при анализе основания — СП 22.13330.2016.

Ввиду новизны и специфики конструктивных решений, а также широкого спектра специфических условий эксплуатации на территории Российской Федерации и стран СНГ, необходимо учитывать дополнительные требования и исходные данные при проектировании, выходящие за рамки требований действующих нормативных актов.

Под спецификой конструкционных решений подразумеваются:

а) наличие рёбер жёсткости УШП в составе плит, где можно с достаточной точностью руководствоваться при проектировании СП 63.13330.2018, и примыкающих к ним, как основная несущая поверхность УШП, близкая к тонкостенной часть плиты, толщина и жёсткость которой существенно меньше рёбер жёсткости.

Малая толщина плитной части позволяет выполнять армирование одной сеткой только по нейтральному слою (по середине сечения) и, соответственно, является наиболее уязвимой

частью конструкций УШП, особенно при значительных сосредоточенных нагрузках. В данном случае учитывается специфика, частично регламентированная в СП 96.13330.2016.

б) наличие промежуточного искусственного слоя основания между несущими конструкциями фундамента типа УШП и грунтовым основанием, в виде утеплителя с высокими показателями жёсткости и прочности, требует контроля возникающих деформаций и напряжений, особенно под рёбрами жёсткости. Наличие необратимых деформаций может являться причиной потери теплоизолирующих свойств, а также реализации непроектных деформаций несущих конструкций УШП и надземной части здания.

Для оценки качественной и количественной картины внутренних деформаций и напряжений рекомендуется применять компьютерное моделирование в инженерных ПК, позволяющие учесть нелинейные эффекты (физическую нелинейность, контакт поверхностей, решение в постановке SSI) и объёмное НДС.

Так как данный подход может оказаться затруднительным в применении и больше актуален для исследовательских целей, некоторые рекомендации представлены в Руководстве по проектированию УШП в виде прикладных методик.

Требования к основанию и подстилающему слою

В качестве естественного основания для фундамента типа УШП рекомендуется грунт со следующими минимальными физико-механическими характеристиками: модуль деформации $E=8$ МПа, угол внутреннего трения $\varphi=10^\circ$, значение внутреннего сцепления $c=10$ кПа.

Для песчаной подсыпки минимальное значение толщи составляет 0,3 м, а модуль деформации — 15 МПа при соответствующем уплотнении в диапазоне ожидаемых нагрузок. Крупность песка следует принимать не ниже средней.

Избегайте специфических грунтов как основания без расчётного обоснования, т.е. тех, которые способны существенно изменить свои качественные или количественные характеристики под действием внешних факторов за период эксплуатации здания (как минимум один раз в 50 лет). При идентификации таких грунтов следует руководствоваться положениями СП 22.13330.2016.

Для эффективного, рационального проектирования фундамента типа УШП следует выполнять лабораторные испытания грунтов основания минимум по двум скважинам. При отсутствии компрессионных испытаний и наличии идентификации типа грунтов допускается применение физико-механических характеристик из таблиц СП 22.13330.2016.

В качестве подстилающего слоя в конструкциях фундаментов (и других подземных конструкций) в виде эффективного утеплителя рекомендуется применять плиты экструзионного пенополистирола XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON.

Под нагружаемыми конструкциями следует применять утеплитель с высокими значениями физико-механических характеристик. Утеплитель должен иметь способность работать в упругой стадии в необходимом диапазоне нагрузок без необратимых деформаций. Требования к подстилающему слою должны быть сформулированы на основании расчета и ожидаемого диапазона нагрузок.

Плиты утеплителя должны удовлетворять следующим требованиям:

1. быть биостойкими (определяют на основе химического анализа);
2. быть нетоксичными (закключение СЭС или иной документ);
3. выдерживать нагрузки, возникающие при возведении и эксплуатации здания.

В качестве утепляющих материалов под нагружаемыми элементами здания рекомендуется применять экструзионный пенополистирол марки XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO SP. Допускается замена на XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON SOLID при соответствующем расчетном и экономическом обосновании.

Для утепления фундаментов с наружной стороны на вертикальной плоскости рекомендуется применять XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO или XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO Light. Допускается замена на XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF при соответствующем обосновании.

Стыки плит утеплителя под рёбрами УШП, вдоль их направления, не допускаются.

Теплоизоляционный слой вблизи наружных фундаментов под отмошкой рекомендуется укладывать из плит экструзионного пенополистирола марки XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON ECO, XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON PROF, на глубине 20-30 см от дневной поверхности. Плиты теплоизоляции укладываются на подготовку из крупнозернистого песка или гравия толщиной 10 см, выполненную с уклоном 3-5% от наружных стен здания.

Физико-механические характеристики плит XPS ТЕХНОНИКОЛЬ CARBON



Описание прикладной методики

Прикладная методика заключается в выборе решения, удовлетворяющего требованиям механической безопасности без выполнения инженерного анализа методами численного, компьютерного моделирования.

Для зданий до двух этажей включительно с применением фундамента типа УШП, в основании которых грунт с минимально рекомендованными низкими значениями физико-механических характеристик, с песчаной подсыпкой толщиной 0,3 м, рекомендуется устройство надземного несущего каркаса только из деревянных конструкций без дополнительных мероприятий. При этом ширина и высота опорной части ребра составляет 0,3 м, а для внутреннего ребра ширина УШП — 0,4 м, высота 0,2 м.

Для зданий до двух этажей включительно с применением УШП, с каменными вертикальными

конструкциями и железобетонными перекрытиями, независимо от типа кровли, в основании которых грунт с низкими значениями физико-механических характеристик, необходимы дополнительные мероприятия подготовки основания. В таком случае необходимо усиление примыкающей грунтовой толщи, испытывающей максимальные напряжения.

Под всеми основными рёбрами УШП требуется устройство песчаной подушки толщиной не менее 0,7 м, для тонкостенной части толщина подушки 0,3 м. Ширина кровли подушки рекомендуется не менее 0,6 м, и выполняется с откосом под 45° для эффективного рассеивания возникающих внутренних напряжений в грунте. При этом ширина внешнего ребра фундамента должна быть не менее 0,75 м (в случае с решениями с облицовочным кирпичом), а внутреннего – не менее 0,6 м.

При проектировании фундамента типа УШП с надземной частью из деревянного каркаса или каркаса с каменными вертикальными несущими конструкциями на скальном основании, основной проверкой является обеспечение целостности утеплителя УШП. В качестве проверки производится сбор линейных нагрузок на 1 п.м. ребра плиты, и в зависимости от типа ребра производится следующая оценка:

- для ребра под внутренней стеной:



- для ребра под внешней стеной:

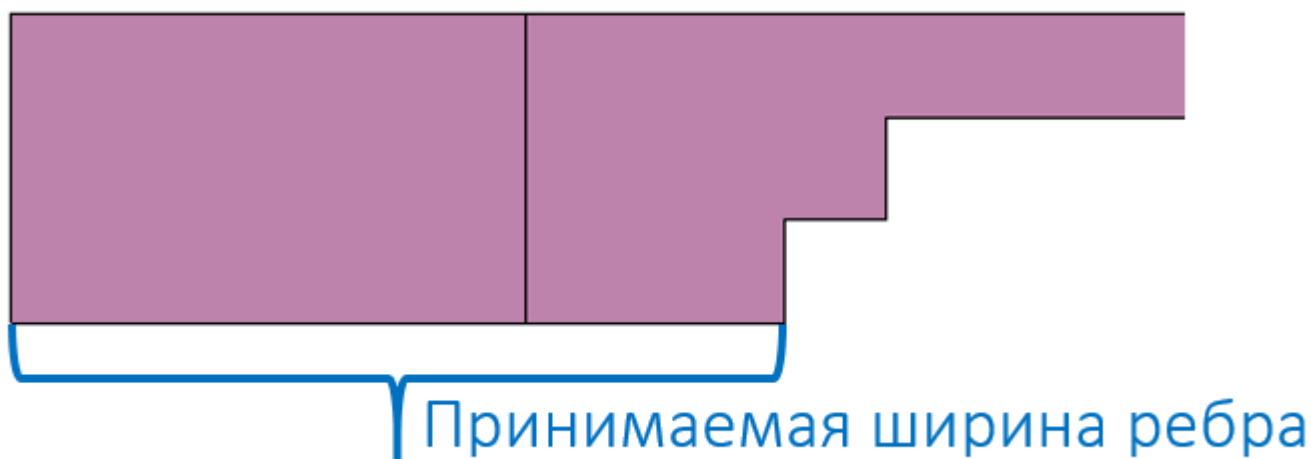


где:

$\sigma_{z,IN}$ и $\sigma_{z,EX}$ - расчётные сжимающие напряжения в утеплителе под ребром УШП на участках под внутренней и внешней стеной соответственно;

q_{max} - расчётная максимальная нагрузка на 1 п.м.;

B - ширина ребра, принимаемая согласно рисунку ниже:



R_z – расчётное сопротивление сжатию утеплителя;

0,65 и 0,8 – коэффициенты учета распределения давления по утеплителю за зоны основного контакта под нагрузкой для внутренней и соответственно внешней стен. Для сложных объёмно-планировочных и конструктивных решений данные коэффициенты нуждаются в дополнительной проверке / подтверждении — проведении дополнительных виртуальных испытаний.

Основные принципы инженерного анализа

В качестве основного инструмента инженерного анализа при проектировании УШП рекомендуется применение широко распространённых специализированных ПК инженерного анализа.

Для выполнения инженерного анализа фундамента типа УШП, требуются следующие исходные, минимально необходимые, данные:

1. Географическое расположение строительства, на основании которого определяются:

- климатические параметры;
- численные значения нагрузок и воздействий, в данном случае наибольшую актуальность имеют снеговой и ветровое воздействия;
- инженерно-геологические данные (рекомендуется наличие информации о гидрогеологическом режиме, а сейсмичность площадки проверять согласно СП 14.13330.2018);

2. Проектные решения строящегося малоэтажного здания с фундаментом типа УШП,

на основании которых определяются:

- тип несущего каркаса: материал вертикальных несущих конструкций, перекрытий и покрытия (кровли);
- состав несущих и ненесущих конструкций, необходимых также для сбора нагрузок на плиту;
- качественные параметры распределения снеговой и ветровой нагрузок на малоэтажное здание.

Прежде чем выполнять инженерный анализ, необходимо произвести анализ грунтовых условий будущего основания. При удовлетворении условию минимальных параметров основания, отсутствии специфических грунтовых условий, отсутствии сейсмичности площадки строительства, геометрической простоты объёмно-планировочных решений и УШП, можно рассмотреть применение прикладной методики. При неудовлетворении любому из перечисленных требований требуется производить инженерный анализ.

Перед выполнением инженерного анализа, производится сбор нагрузок и воздействий, нормативных и расчётных значений с учётом регламентированных нормативно-правовыми актами коэффициентов надёжности. При этом, при расчёте фундамента типа УШП для малоэтажного здания ветровое воздействие допускается не учитывать.

При сборе погонных нагрузок с плит перекрытия и кровли, для простых форм рекомендуется применять грузовые площади, представленные на схеме ниже.



Рис. а



Рис. б

Пример грузовых площадей для монолитных плит перекрытий и покрытия (а) и для многоскатного покрытия (б).

На основании полученных максимальных погонных нагрузок на рёбра УШП, и принятых решений на этапе первой итерации, в частности ширины ребра, производится оценка несущей способности утеплителя под рёбрами фундамента. При невыполнении требований, ширина ребра увеличивается или обосновывается в нелинейном инженерном анализе.

Учёт инженерно-геологических условий осуществляется при помощи коэффициентов постели C_1 , вычисляемых в программных комплексах. При отсутствии нелинейных эффектов в утеплителе и его толщине существенно меньшей величине сжимаемой толщи, не более 20 см,

допускается его учёт в качестве ИГЭ.

Производимое описание в ПК инженерно-геологической ситуации должно быть достаточным для корректного построения модели грунтового основания с последующим вычислением коэффициентов постели.

После описания инженерно-геологической ситуации, как правило, выполняется моделирование конечно-элементной модели КЖ (железобетонных конструкций) УШП. В данном случае рекомендуется использовать оболочечные элементы для тонкостенной части фундамента и рёбер, допустимо применение балочных элементов для рёбер при корректном подходе вычисления коэффициента постели на одномерные элементы рёбер. Для данных элементов назначаются соответствующие правила подбора армирования и проверки прочности бетонной части конструкции.

При вертикальном несущем каркасе из каменных конструкций выполняется моделирование штамповой жёсткости, для анализа УШП достаточно для одного этажа. Физико-механические характеристики каменных конструкций вычисляются согласно СП 15.13330.2021.

Полученные при сборе нагрузок погонные нагрузки назначаются в зависимости от типа несущего каркаса непосредственно на рёбра фундамента или на штамповую жёсткость.

При анализе требуемого армирования КЖ УШП рекомендуется производить два анализа: один с штамповой жёсткостью для оценки армирования в тонкостенной части и без неё — с приложением нагрузки на рёбра УШП — для оценки требуемого армирования в рёбрах плиты. Анализ требуемого армирования обеспечивает выполнение требований по первой и второй группам предельных состояний для КЖ УШП.

При анализе сосредоточенных сил выполняется ручная проверка обеспечения прочности сечения по продавливанию, если такие нагрузки присутствуют в зоне тонкостенной части. При наличии сосредоточенных сил на рёбрах фундамента, их пересечении, проверка продавливания выполняется с учётом поперечного армирования и конструкции рёбер. Такая проверка, как правило, выполняется автоматически в ПК.

Оценка максимальных вертикальных перемещений производится на основании регламентированных предельных значений абсолютных и относительных значений согласно СП 22.13330.2016. Выполнение этих требований является обязательным для обеспечения целостности наземных конструкций.

Автор статьи:

Евгений Линьков

Руководитель направления «Коттеджное и малоэтажное строительство»,
ведущий специалист



Ответ сформирован в
базе знаний по ссылке