

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ НАУКИ

УДК 69.059

А.Ф. ЧУТРО, Т.А.ЕМЕЛЬЯНОВА
Херсонский государственный аграрный университет

РАСЧЕТНАЯ СХЕМА СТЕН КАМЕННЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ПРОСАДОЧНЫХ ГРУНТАХ

В работе рассматривается получение расчетной схемы стен каменных зданий и «эпюры – матрицы» вдоль стены для определения границ зоны просадочности, величины сдвигающих усилий в конструктивных элементах зданий.

Получен закон распределения давления под подошвой фундаментов в зоне замачивания. Установлены характер и величина дополнительных внутренних усилий в конструктивных элементах стены, которые возникают при неравномерной осадке фундаментов.

Ключевые слова: просадка, просадочные грунты, подошва фундамента, расчетная схема наружной стены, конус замачивания просадочного грунта, «эпюра – матрица».

О.Ф.ЧУТРО, Т.А.СМЕЛЬЯНОВА
Херсонський державний аграрний університет

РОЗРАХУНКОВА СХЕМА СТІН КАМ'ЯНИХ БУДИНКІВ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА НА ПРОСАДНИХ ГРУНТАХ

В роботі розглядається отримання розрахункової схеми стін кам'яних будівель і «епюри - матриці» уздовж стіни для визначення меж зони просідання, величини зсувних зусиль в конструктивних елементах будівель.

Отримано закон розподілу тиску під подошвою фундаментів в зоні замочування. Встановлено характер і величину додаткових внутрішніх зусиль в конструктивних елементах стіни, які виникають при нерівномірному осіданні фундаментів.

Ключові слова: просадка, грунти, що просідають, подошва фундаменту, розрахункова схема зовнішньої стіни, конус замочування просадного ґрунту, «епюра - матриця».

A.F.CHUTRO, T.A.YEMELYANOVA
Kherson State Agrarian University

DESIGN SCHEME OF STONE BUILDINGS WALLS FOR BUILDING ON LANDING GROUNDS

The given article looks at obtaining a design scheme of walls of stone buildings and "diagrams-matrices" along the wall to determine the boundaries of the subsidence zone, the magnitude of the shearing forces in the structural elements of buildings.

The distribution law of pressure under the base of the foundations in the soaking zone was received. The nature and magnitude of additional internal forces in the structural elements of the wall that arise with uneven subsidence the foundations are established.

Keywords: subsidence, subsidence ground, foundation foot, design scheme of the outer wall, cone of soaking soiling, "diagram-matrix".

Постановка проблеми

Расчетная статическая схема наружной стены здания определяет характер и величину дополнительных внутренних усилий в конструктивных элементах стены, которые возникают при неравномерной осадке фундаментов.

Дополнительные конструктивные мероприятия предназначены обеспечить эксплуатационную пригодность здания на период возникшей просадки и её стабилизации, и не заменяют безграмотную эксплуатацию зданий, построенных на просадочных грунтах.

Конструктивные и водозащитные мероприятия, заложенные в проектах, и выполненные в строительстве, не смогут обеспечить полную сохранность и долговечность зданий, если эксплуатирующие организации не будут учитывать особенностей лессовых просадочных грунтов и бороться с их замачиванием [1].

Сложность расчета стен каменных зданий для строительства на просадочных грунтах заключается в неопределенности места появления источника замачивания.

Анализ последних исследований и публикаций

Просадка, как явление, протекает по мере продвижения свободной воды в напряженной толще просадочных грунтов основания. Сильнее всего просадка сказывается под локальным источником замачивания и в пределах некоторого контура смачивания активной зоны основания [2]. По мере рассасывания свободной воды и переходе её в связную, просадка прекращается, несмотря на высокую влажность грунтов основания. Кроме замачивания для проявления просадки в напряженной толще грунта, необходимо иметь достаточную величину начального давления ($p_n \approx 0,4 \cdot \dots \cdot 1,5 \text{ кг} / \text{см}^2$).

Остается неясным: учитывать ли всю толщу просадочных грунтов при замачивании или некоторую её часть; каковы границы расчетной зоны просадочности; каков закон распределения давления под подошвой фундаментов в зоне замачивания.

Формулирование цели исследования

Целью исследования является получение расчетной схемы стен каменных зданий для определения границ зоны просадочности, величины сдвигающих усилий в конструктивных элементах зданий; получение закона распределения давления под подошвой фундаментов в зоне замачивания.

Изложение основного материала исследования

Дальнейшие рассуждения строим из условия равновесия действующих и реактивных сил. Размеры фундаментов определены из условия, что проекции всех действующих и реактивных сил на вертикальную плоскость в любом сечении вдоль стены здания, равны нулю.

В пределах замоченного просадочного грунта, допустимое расчетное давление на грунт понижается до величины начального давления, следовательно, свободных консольных сводов фундаментов не образуется.

Криволинейный характер распределения давления в грунте и каменной кладке заменяем на прямолинейный с целью упрощения расчетов. Натурными наблюдениями установлено, что при случайном замачивании просадочных грунтов основания, каменные здания имеют значительно меньшую величину абсолютной осадки, по сравнению с возможной просадкой, подсчитанной для всей толщи замоченного просадочного грунта. В тоже время, здание может иметь значительные повреждения конструктивных элементов и малую эксплуатационную пригодность. В стенах с проёмами, как правило, в простенках возникают косые трещины с вершиной в сторону просадочного бдюдца, а также горизонтальные и вертикальные трещины в опорной части рядовых перемычек и подоконной части стен, и мелкие трещины различных направлений.

Для определения расчетной схемы наружной стены считаем, что замачивание просадочных грунтов основания распространено под подошвой фундамента в пределах сжимаемой толщи на глубину, равную трем ширинам подошвы фундамента. Под фундаментом, в пределах сжимаемой толщи, формируется конус просадочных явлений с радиусом, равным половине толщи.

С появлением источника замачивания начинает формироваться зона осадки замоченного грунта, и появляются неравномерные осадки фундаментов. В начальный период зона осадки распространяется от источника замачивания до вертикального сечения, где образующая конуса замачивания пересекает подошву фундамента, а несущая способность грунта равна расчетной величине (R).

Появление и развитие зоны осадки сопровождается образованием зоны обжатия, зоны стабилизации и зоны равновесия. Развитие всех зон неразрывно связано с распределением внутренних усилий в стене.

С насыщением грунта водой в зоне осадки, у источника замачивания образуется зона просадки, которая распространяется в сторону обжатия грунта. При переходе от одной деформационной зоны к другой четких границ не существует и в дальнейших расчетах они приняты условно.

Напряжение в грунте под подошвой фундамента в зонах просадки и осадки уравнивается напряжениями в зонах обжатия и стабилизации грунта. Началом зоны обжатия считаем вертикальное сечение, где влажность грунта основания естественная, а несущая способность равна расчетной величине грунта (R). В зоне обжатия грунта наблюдается рост напряжения под подошвой фундаментов. Зона обжатия грунта основания заканчивается сечением, где величина несущей способности грунта является предельно допустимой (1,5R).

В зоне стабилизации наблюдается снижение несущей способности грунта основания от значения предельно допустимой величины (1,5R) до расчетной величины (R).

За зоной стабилизации следует зона равновесия, в пределах которой деформации в стенах не наблюдается. Эпюра реактивного давления грунта характеризует равновесие всех сил, действующих на фундамент и стену. В связи с замачиванием просадочного грунта, эпюра равновесия всех сил под подошвой фундамента из простейшей фигуры прямоугольника превратилась в сложную трапециевидную фигуру с наличием отрицательного и положительного участков (рис.1).

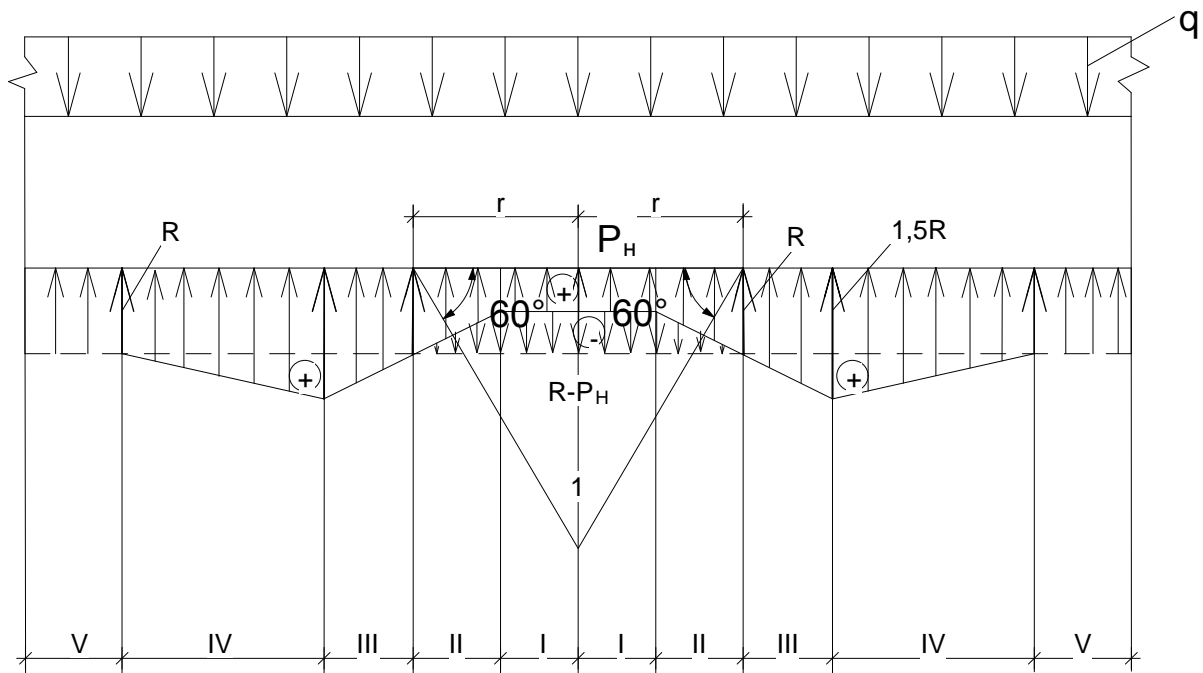


Рис. 1. Эпюры равновесия действующих и реактивных сил под подошвой фундаментов: 1 – конус замачивания просадочного грунта; r – радиус конуса замачивания просадочного грунта; I – зона просадки; II – зона осадки; III – зона обжатия грунта основания; IV – зона стабилизации; V – зона равновесия всех сил

Отрицательный участок эпюры в зонах просадки и осадки свидетельствует о снижении несущей способности замоченного грунта до величины начального давления (P_n), а также снижение внешней нагрузки от стены на величину, равную площади эпюры с отрицательным знаком. В зонах обжатия грунта и стабилизации наблюдается повышение несущей способности грунта с образованием положительных участков эпюры реакции грунта.

Суммарная площадь приращения положительных эпюр равна площади эпюры с отрицательным знаком и свидетельствует об увеличении внешней нагрузки на данных участках стены. Эпюра реактивного сопротивления замоченного грунта постоянно трансформируется в зависимости от колебания влажности просадочного грунта, а также в зависимости от деформированного состояния стены и повреждения конструктивных элементов без обрушений.

Однако, система: стена – фундамент – грунт основания, находятся в состоянии равновесия за счет перераспределения внутренних усилий в стене и под подошвой фундамента. Снижение нагрузки от стены в зонах просадки и осадки свидетельствует об образовании на этом участке висячей стены с рандбалкой в виде ленточного фундамента и упругого основания.

Нагрузка на фундамент в пределах висячей стены передается в виде параболического свода с опорными реакциями в зонах обжатия и стабилизации. Площадь эпюры реактивного давления грунта основания с отрицательным знаком соответствует площади параболического свода наружной стены, включенной в расчет как нагрузка от висячей стены, а также сумме площадей двух участков положительных эпюр реакций опор параболического свода, как нагрузка от стены в зонах обжатия и стабилизации осадок эпюры равновесия.

Изменение нагрузки от стены на фундамент в зоне осадки и просадки произошло от равномерно распределенной до распределенной криволинейно с вершиной в вертикальном сечении, где происходит максимальная осадка фундамента.

С началом осадки материал фундамента при изгибе работает в упругой стадии. Следовательно, по верхнему обрезу фундамента и началом каменной кладки стены образуется шов скольжения от сил сдвига, которые возникли на сжатой грани фундамента при его изгибе от осадки. Силы сдвига разрушают кладку стены по швам, нарушая сцепление между раствором и камнем. Максимальное раскрытие горизонтальных и вертикальных швов происходит в вертикальном сечении с максимальной осадкой фундамента.

Разрушение монолитности кладки сопровождается образованием параболического свода нагрузки на фундамент в пределах зон осадки и просадки, а также, образованием свода деформаций и повреждений кладки стены в пределах длины эпюры равновесия реактивных сил (рис. 2).

Усилия, которые возникают в стене, в зоне замоченных просадочных грунтов основания, находятся в прямой зависимости от площадей эпюр с отрицательным и положительным знаками.

Стену здания рассматриваем как систему, состоящую из вертикальных полос, проходящих по ширине простенков и обладающих большой жесткостью в вертикальном сечении. Связями для жестких полос по высоте и длине стены, являются полосы с меньшей жесткостью, проходящие по проемам, перемычкам и кладки под проемами.

Логичность разделения стены на вертикальные полосы различной жесткости, подтверждается характером деформаций и разрушений кладки стен при неравномерной осадке. В той части стены, которая получила неравномерную осадку, в простенках образуются косые трещины от смещения боковых граней. Вершина трещины направлена в сторону источника замачивания. В связующих полосах образуются вертикальные трещины под перемычкой у той грани простенка, который ближе к источнику замачивания, и вертикальные трещины в подоконной части.

Трансформирующиеся участки эпюры равновесия с отрицательным и положительным знаками, формируют статическую схему стены в виде неразрезной трёхпролётной балки. Нагрузкой для неразрезной балки являются площади эпюр с отрицательным и положительным знаками.

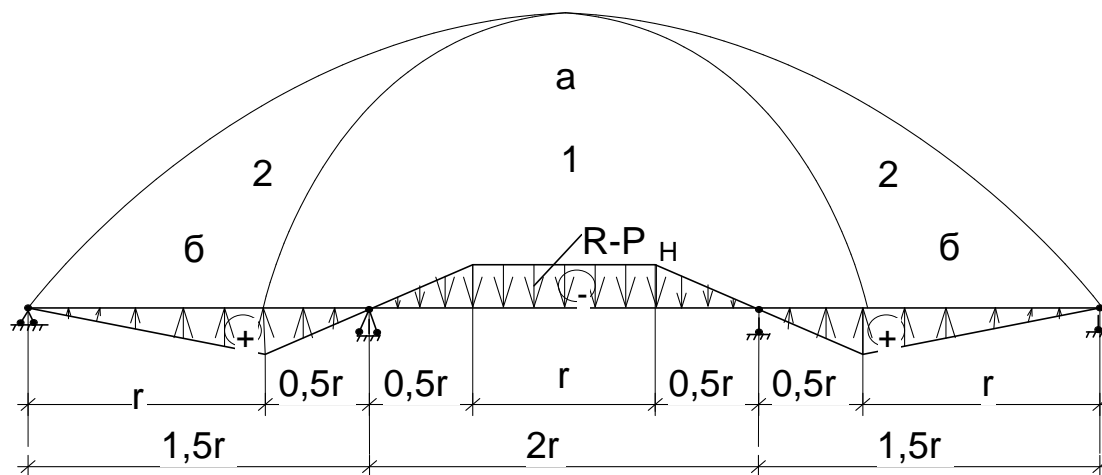


Рис. 2. Эпюра равновесия реактивных сил. Статическая схема: 1 – параболический свод нагрузки от стены на фундамент; 2 – параболический свод деформаций в кладке стены; а – зона сильных деформаций и повреждений кладки стены; б – зона средних и слабых деформаций кладки стены

Статическую неопределимость трёхпролётной неразрезной балки решаем введением двух дополнительных шарниров в крайних пролетах, превратив её в статически определимую балку Гербера, с главной двухконсольной балкой в среднем пролете и двумя вспомогательными однопролётными балками в крайних пролетах (рис.3).

Равномерно распределенную нагрузку от эпюры просадки, принимаем равную интенсивности ($R-P_n$) на длине, равной радиусу конуса просадочного явления.

Для определения величин сдвигающих сил, строим эпюру поперечных сил поэтажно. За расчетные горизонты принимаем уровень перекрытия пола данного этажа.

Поэтажные эпюры сдвигающих сил наносим на прозрачный материал в одном масштабе с разверткой стены, и получаем «эпюру – матрицу» вдоль стены, имитируя различные случаи размещения источника замачивания под стеной.

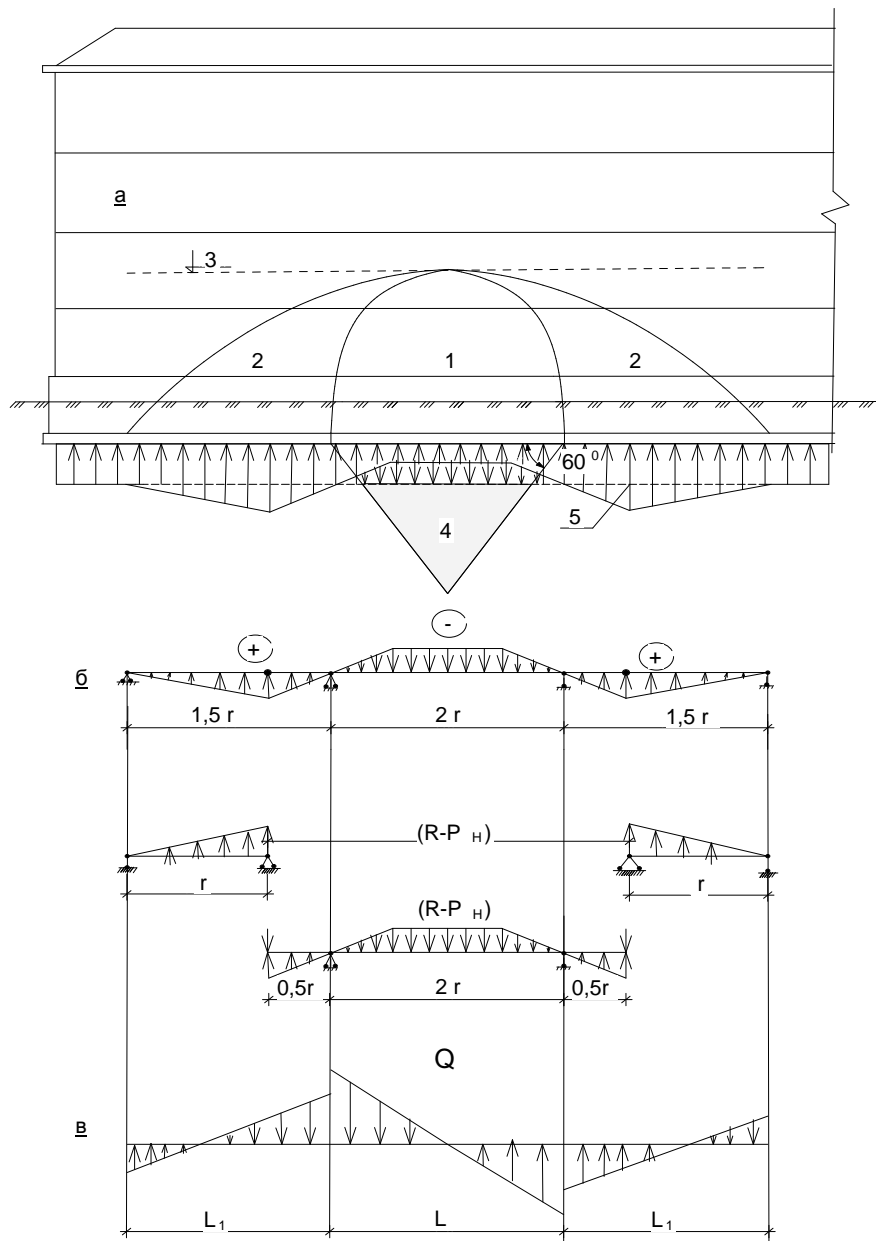


Рис. 3. Расчетная схема наружной стены: а) фрагмент фасада; б) расчетная схема наружной стены.

Балка Гербера; в) эпюра сдвигающих сил Q ; 1 – параболический свод нагрузки; 2 – параболический свод деформаций и повреждений кладки стены; 3 – нулевой горизонт активных деформаций кладки стены; 4 – конус замачивания просадочного грунта; 5 – эпюра равновесия всех сил

Выводы

Получив расчетную схему стены каменного здания и «эпюру – матрицу» вдоль стены, определяем максимально возможные величины сдвигающих усилий в конструктивных элементах, на действие которых ведется расчет. Нулевым горизонтом сдвигающих сил является вершина конуса параболической нагрузки на фундамент. Выше нулевого горизонта сдвигающих сил наблюдаются деформации конструктивных элементов в пределах упругой стадии, которые легко устраняются текущим ремонтом помещений.

Список использованной литературы

1. Чутро А.Ф. Предупреждение деформаций зданий. Городское хозяйство Украины. Киев: Держбудвидав, 1963. №2.
2. Чутро А.Ф. Указания по предупреждению деформаций зданий, эксплуатируемых в условиях просадочных грунтов. Херсон: облтипография, 1968.