

Вертикальные и горизонтальные швы выполняют одинаковой толщины, придерживаясь одного профиля при расшивке швов. В декоративных целях применяют также сочетание силикатного и глиняного кирпичей, а также выполняют архитектурные элементы, располагая кирпичи под углом.

Немаловажное значение имеет наружный профиль кладочного шва, декоративность которого разнообразна. Выделим следующие типы швов каменной кладки на традиционном цементно-песчаном растворе: в подрезку, выпуклый, полукруглый, односрезный скошенный кверху, односрезный скошенный к низу, заглубленный, вогнутый, двухсрезный наружу, двухсрезный вовнутрь, декоративный выпуклый, декоративный заглубленный.

В современной практике проектирования и строительства расширение номенклатуры кирпича по цвету, фактуре, геометрии и пр. позволяет отказаться от трудоемкой и многоотходной операции раскалывания целого кирпича кирочкой.

Новая номенклатура изделий из кирпича раскрывает дополнительные возможности для заказчиков, проектировщиков, технологов и строителей, а именно:

– вместо получаемых вручную половинок, трехчетверок или четвертушек предлагаются изделия гарантированных размеров;

– расширяется номенклатура толщины стены; например, толщина стены из кирпича по ГОСТ 530-2007 имеет ряд, например, из четырех размеров 120-250-380-510 мм; новая номенклатура имеет ряд из 10 размеров – 88-138-188-238-288-338-388-438-488-538 мм;

– габаритные размеры новых изделий кирпичных (НИК) позволяют получить многочисленные варианты перевязки кирпичей в кладке, так как размеры изделий взаимно увязываются при перевязке тычков, ложков и кирпичей «на ребро»;

– заказ только необходимого количества кирпичных изделий в соответствии с проектом, при этом к минимуму сводится перевод кирпича в разряд строительного мусора;

– повышается авторитет кирпича как изделия для возведения стен;

– расширяются декоративные возможности кладки из кирпичных изделий. Предлагается новая номенклатура фигурных изделий кирпичных (ФИК), состоящая из разных по форме кирпичных изделий, предназначенных для использования при формировании пластического декора фасадов зданий и сооружений.

На основании вышеперечисленного исследования можно сделать вывод о том, что изучение номенклатуры современных мелкостручных материалов и способов выполнения кладки из них является актуальным вопросом при проектировании новых и модернизации существующих зданий различного назначения. Оптимизация технологии возведения зданий с поддержанием современных эстетических качеств фасадов в Республике Беларусь является одним из важных аспектов строительного производства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Динилкин, М. С. Основы строительного производства: учеб. пособие для вузов / М. С. Динилкин, И. А. Мартыненко, С. Г. Страданченко. – Ростов н/Д: Феникс, 2007 г.

2 Горшков, А. С. Пути повышения энергоэффективности ограждающих конструкций зданий / А. С. Горшков, И. А. Войков // Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций: сб. тр. II Всероссийской конф. – СПб, 2009. – С. 45–48.

3 Ищук, М. К. Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки / М. К. Ищук. – М.: РИФ «Стройматериаль». 2009. – 360 с.

УДК 692.522

## ЦИЛИНДРИЧЕСКИЙ ИЗГИБ УПРУГОЙ БАЛОЧНОЙ ПЛИТЫ НА СЛОИСТОМ ОСНОВАНИИ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ ОСНОВАНИЯ

О. В. КОЗУНОВА

ОАО «Буровая компания «Дельта», г. Гомель, Республика Беларусь

При исследовании цилиндрического изгиба упругой балочной плиты на слоистом основании с учетом физической нелинейности основания, решается контактная задача нелинейной теории упругости с использованием новой модификации вариационного способа: *вариационно-разностного подхода* (ВРП), который позволяет полностью описать напряженно-деформированное состояние (НДС)

упругого основания, исследовать контактную зону «плита – основание», вычислить внутренние усилия и осадки упругой балочной плиты при изгибе.

Теория нелинейных расчетов балок и балочных плит на упругом основании, численные результаты с использованием ВРП и их верификация была опубликованы автором в нормативном документе РБ [1] и статьях [2–7].

В предлагаемой работе обобщаются решения контактных задач нелинейной теории упругости (плоская деформация): *линейно упругая* балочная плита на *физически нелинейном* слоистом основании. Каждый слой упругого основания описывается, как *нелинейно деформируемая* однородная среда. Моделирование упругого основания математически аргументируется и физически обосновывается. Для  $k$ -того слоя упругого основания выбирается модель упругого слоя конечной толщины с *переменным модулем упругости*  $E_k$  (касательный или секущий). Закон нелинейно упругого деформирования основания моделируется в виде *функции гиперболический тангенс* [1–5], *степенной функции Бюльфингера* [6–8] и *альтернативной степенной функции по В. Е. Быховцеву* [9]. Коэффициент Пуассона упругого слоя  $\nu_k$ , в силу малости своего изменения, принимается постоянным.

При постановке контактных задач используются гипотезы и допущения теории упругости: в зоне контакта балочной плиты с упругим основанием возникают только нормальные напряжения (реактивные давления); силами трения пренебрегаем; для плиты справедливы гипотезы теории цилиндрического изгиба. При расчете слоистое основание заменяется прямоугольной расчетной областью и аппроксимируется несимметричной разбивочной сеткой с переменным шагом по осям: в зоне возможных концентраций напряжений – шаг уменьшен, в приграничной зоне – увеличен. НДС балочной плиты и упругого основания исследуется численно с использованием *переменного* модуля деформации.

Сформулированные задачи замыкаются *граничными условиями*: в зоне контакта балочной плиты с упругим основанием справедливо равенство осадок основания  $v_i$  прогибам плиты в  $k$ -том сечении  $v_i = y_k$ ; на границе расчетной области перемещения принимаются равными нулю  $u = 0, v = 0$ . Искомое решение:  $u_i(x), v_i(y)$  – компоненты вектора перемещения  $i$ -той узловой точки основания;  $p_y^{(i)}(x, y)$  – реактивные давления в контактной зоне.

Решение контактных задач строится в перемещениях и численно реализуется методом конечных разностей (МКР). Энергия деформаций упругого основания получается суммированием по объему основания энергий деформаций прямоугольных участков для каждой ячейки МКР. В результате системы дифференциальных уравнений заменяется системами линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

Для нелинейных расчетов составлены компьютерные программы на языке *Mathematica 8.0* и проведены их числовые апробации для двухслойных оснований с учетом местных ослаблений, для различных моделей законов нелинейно упругого деформирования основания и двух вариантов переменного модуля упругости: *касательного и секущего*.

Результаты расчетов показали, что влияние вида переменного модуля упругости, а также закона нелинейно упругого деформирования в теоретическом исследовании цилиндрического изгиба упругой балочной плиты, контактирующей со слоистым физически нелинейным основанием, *неоднозначно*.

А именно: итерационный процесс сходится быстрее при расчете прогибов балочной плиты с использованием *секущего* модуля упругости (максимум 5 итераций), при расчете реактивных давлений на контакте балочной плиты со слоистым основанием и внутренних усилий в сечениях плиты – с использованием *касательного* модуля упругости (3–4 итерации). В связи с этим, в нелинейных расчетах *по деформационной модели* предпочтительнее использовать касательный модуль упругости.

Использование различных моделей законов нелинейно упругого деформирования слоистого основания также *неоднозначно*: итерационный процесс сходится быстрее с применением функции *гиперболический тангенс* (3–4 итерации), однако точность вычисления выше с использованием степенных функций Бюльфингера и альтернативной по В. Е. Быховцеву.

Таким образом, при исследовании цилиндрического изгиба упругой балочной плиты на слоистом основании с учетом физической нелинейности основания реальную диаграмму нелинейно упругого деформирования упругих слоев основания предлагается аппроксимировать используемыми в данной работе моделями законов нелинейно упругого деформирования в зависимости от вида неоднородной среды.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Р5.01.056.09 Особенности проектирования плитных фундаментов на многослойных основаниях со слабыми слоями грунтов / О. В. Козунова / Рекомендации по проектированию и устройству рациональных фундаментов на основаниях сложных озерно-ледниковыми и лессовидными грунтами – Минск: СТРОЙТЕХНОРМ, 2009 – 79 с. – С. 39–47, 49–58.

2 Козунова, О. В. Нелинейный расчет балочных плит на слоистых основаниях с биогенными включениями / О. В. Козунова // Геотехника Беларуси: теория и практика. – Минск: БНТУ, 2008. – С. 37–65.

3 Босаков, С. В. Вариационно-разностный подход к решению контактной задачи для нелинейно-упругого неоднородного основания. Плоская деформация. Теория расчета. Ч. 1 / С. В. Босаков, О. В. Козунова // Вестник БНТУ. – 2009. – № 1. – С. 5–13.

4 Босаков, С. В. Вариационно-разностный подход к решению контактной задачи для нелинейно-упругого неоднородного основания. Плоская деформация. Результаты расчета. Ч. 2 / С. В. Босаков, О. В. Козунова // Вестник БНТУ. – 2009. – № 2. – С. 15–19.

5 Козунова, О. В. Нелинейный расчет фундаментных плит на слоистых основаниях с использованием секущего модуля деформации / О. В. Козунова // Строительство и архитектура. – Вестник БрГТУ. – 2009. – № 1 (55) – С. 32–39.

6 Козунова, О. В. Нелинейный расчет инженерной системы «плита – основание» с использованием переменного модуля деформации / О. В. Козунова, Е. А. Сигаи // Вестник гражданских инженеров. – Санкт-Петербург, СПбГАСУ – 2011. – № 1 (26) – 213 с. – С. 72–82.

7 Козунова, О. В. Верификация вариационно-разностного подхода при расчете нелинейно-упругого неоднородного основания под балочной плитой / О. В. Козунова, Н. С. Щетько // Строительная наука и техника. – Минск – 2011. – № 2 (35) – 84 с. – С. 57–61.

8 Лукаш, П. А. Основы нелинейной строительной механики / П. А. Лукаш. – М.: Стройиздат, 1978. – 204 с.

9 Быховцев, В. Е. Компьютерное объектно-ориентированное моделирование нелинейных систем деформируемых твердых тел / В. Е. Быховцев. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скарныны, 2007. – 219 с.

УДК 539.3

## УСТОЙЧИВОСТЬ УПРУГОГО СТЕРЖНЯ, СЖАТОГО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ (ЗАДАЧА ЯСИНСКОГО)

Э. Г. КОСЫХ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В работе уточнено классическое решение «задачи Ясинского» о критической нагрузке [1].

Рассмотрим защемленную нижним торцом стойку длиной  $L$ , которая нагружена погонной нагрузкой  $p(x)$  и сосредоточенной силой  $P$  (рисунок 1, а). Произвольное сечение стойки с координатой  $x$  при продольном изгибе отклоняется на величину  $y(x)$ .

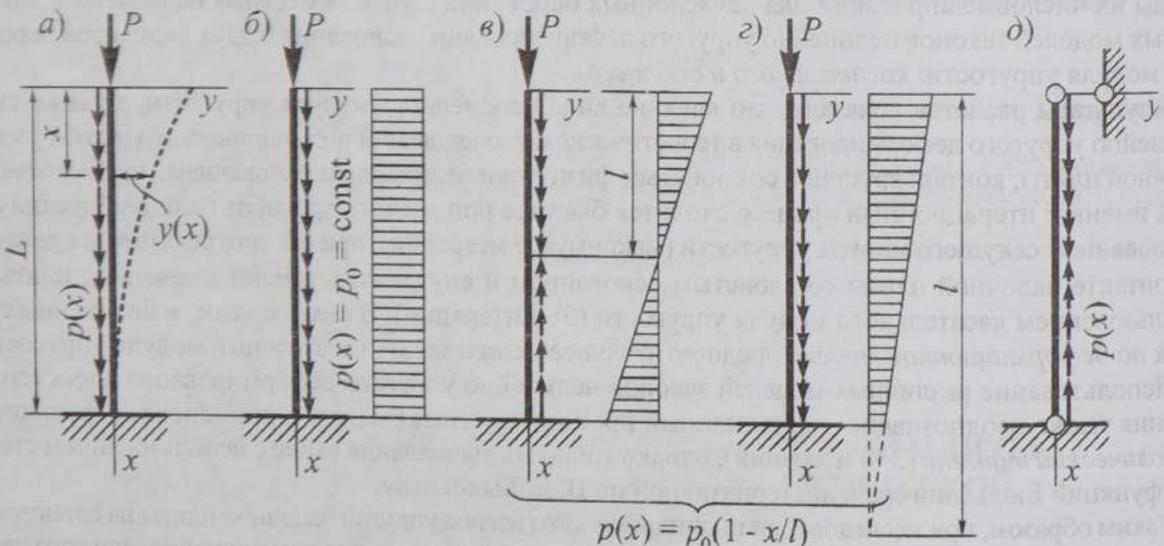


Рисунок 1

Пусть функция интенсивности нагрузки представлена в виде конечного многочлена  $p(x) = p_0 + p_1x + p_2x^2 + \dots$  ( $p_k = \text{const}$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots$ ). В частности, если  $p_k = 0$  ( $k = 1, 2, \dots$ ), имеем равномерно распределенную нагрузку  $p(x) = p_0 = \text{const}$ , эпюра которой показана на рисунке 1, б. При  $p_1 = -p_0/l$ ,  $p_k = 0$  ( $k = 2, 3, \dots$ ) нагрузка изменяется вдоль оси стойки линейно по закону  $p(x) = p_0(1 - x/l)$ . Здесь  $l$  – координата точки на оси  $x$ , где многочлен  $p(x)$  имеет нулевое значение. При  $l = 0,5L$  (рисунок 1, в)