

ОБОБЩЕНИЕ МЕТОДА ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ДЛЯ РАСЧЕТА БАЛОК НА ОСНОВАНИИ ВИНКЛЕРА

А. С. ХАРЛАП, О. В. КОЗУНОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Под упругим основанием в инженерной практике обычно понимают различные грунтовые и скальные среды (массивы), на которые опираются фундаменты зданий, гидротехнические сооружения, дорожные и аэродромные покрытия.

Конструкция на упругом основании находится под действием внешних нагрузок и реактивного отпора основания, непрерывно распределенного по длине или площади контакта. Закон изменения реактивного отпора не может быть определен из уравнений равновесия. Он зависит от свойств упругого основания и характеризуется его расчетной схемой, или *моделью*. В инженерной практике наиболее часто используется модель основания Винклера, для которой принимается линейная зависимость между реактивным отпором основания и осадкой его поверхности.

Широко распространённые ленточные фундаменты как фундаменты мелкого заложения под многоэтажные здания и сооружения на естественном грунтовом основании проектируются и моделируются в виде системы из перекрестных лент на различных моделях упругого основания.

Исследования Л. И. Манвелова, Э. С. Барташевича [1], И. И. Черкасова [2], М. И. Горбунова-Посадова [3] свидетельствуют о том, что модель Винклера даёт хорошее первое приближение к действительности при проектировании фундаментных конструкций на упругом основании (рисунок 1) [4]. Это простая модель, которая кроме практического применения имеет и методическое преимущество – на примере модели Винклера легко объяснить многие сложные решения, которые при моделировании другими моделями теряются в громоздких математических соотношениях.

Метод перемещений для расчета балки на упругом основании предложил Д. С. Пашевский [5]. Этот метод в классической постановке называется методом деформаций и используется для расчета однопролётных балок на основании Винклера без учета трения на контакте балки с упругим основанием.

В данной работе предложена методика расчета балок на основании Винклера. Этот подход позволяет найти реакции опор балок, выстроить окончательные эпюры внутренних усилий в системе перекрестных балок.

При исследовании напряженно-деформированного состояния (НДС) однопролетных балок на упругом основании Винклера от действия нелинейных смещений опор рассматриваются следующие опорные закрепления: «заделка – заделка», «заделка – шарнир». Исходные данные рассматриваемых задач: коэффициент постели k , жесткость балки EI и её длина L .

В данной работе предложена методика расчета балок на основании Винклера. Этот подход позволяет найти реакции опор балок, выстроить окончательные эпюры внутренних усилий в системе перекрестных балок.

Для случаев загрузки всего пролета балки неравномерно распределенной нагрузкой и нагрузкой, распределенной по произвольному закону, дифференциальное уравнение изгиба, выраженное через изгибающие моменты, оказывается неоднородным.

Решение дифференциального уравнения (ДУ) изгиба балки на упругом основании Винклера на единичное перемещение [6]

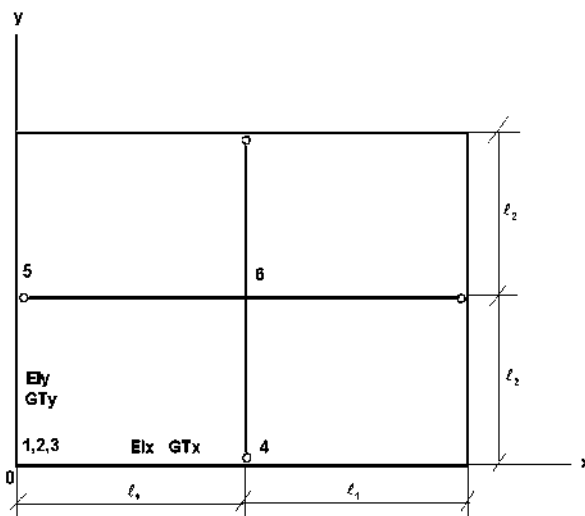


Рисунок 1 – Система перекрестных балок на основании Винклера

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} - ky = q(x) \quad (1)$$

известно из [7] и использовано авторами в работе [4]:

$$y(x) = C_1 \cos\left(\lambda \frac{x}{L}\right) + C_2 \sin\left(\lambda \frac{x}{L}\right) + C_3 \operatorname{ch}\left(\lambda \frac{x}{L}\right) + C_4 \operatorname{sh}\left(\lambda \frac{x}{L}\right) + \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}, \quad (2)$$

где λ – безразмерный упругий параметр, $\lambda = \sqrt[4]{kL^4 / EI}$.

При смещении жёсткой опоры (правая опора) граничные условия задачи, следующие:

$$\text{«заделка – заделка» при } x = 0: y = y' = 0; \text{ при } x = L: y = 1; y' = 0 \quad (3)$$

Выполняя граничные условия (3) для поставленной задачи, из решения ДУ изгиба балки (2) находим постоянные интегрирования C_i , $i = 1, \dots, 4$, а по ним – реакции опор. Для построения окончательных эпюр внутренних усилий в системе перекрестных балок (см. рисунок 1) необходимо найти выражения изгибающих моментов и поперечных сил в рассматриваемой однопролетной балке с различными опорными закреплениями на действие единичных линейных и угловых смещений опор и внешней нагрузки, что реализовано в компьютерной среде «Mathematica».

Предложенная новая нетрадиционная математически несложная методика статического расчета системы перекрестных балок (фундаментных лент) на упругом основании Винклера на вертикальную нагрузку основана на методе перемещений для расчета плоских рам на пространственную нагрузку, только в однопролетных балках при определении реакций от распределенной по произвольному закону нагрузки и единичных смещений учитываются реактивные давления, возникающие на контакте подошвы балки с основанием Винклера.

Список литературы

- 1 Манвелов, Л. И. О выборе расчетной модели упругого основания / Л. И. Манвелов, Э. С. Барташевич // Строительная механика и расчет сооружений. – 1961. – № 4. – С. 9–12.
- 2 Черкасов, И. И. Механические свойства грунтовых оснований : учеб. пособие / И. И. Черкасов. – М. : Аэротрансиздат, 1966. – 248 с.
- 3 Горбунов-Посадов, М. И. Расчет конструкции на упругом основании / М. И. Горбунов-Посадов, Т. А. Маликова, В. И. Соломин. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1984. – 679 с.
- 4 Босаков, С. В. Метод перемещений в расчетах системы перекрестных балок на упругом основании Винклера / С. В. Босаков, О. В. Козунова // Строительная механика и расчёт сооружений. – 2019. – № 2. – С. 12–16.
- 5 Пашевский, Д. П. Применение метода деформаций к расчету балки на упругом основании / Д. П. Пашевский // Исследование по теории сооружений, 1954. – VI. – С. 249–256.
- 6 Александров, А. В. Сопротивление материалов / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М. : Высш. шк., 1990. – 400 с.
- 7 Тимошенко, С. П. Теория упругости / С. П. Тимошенко, Дж. М. Гудьер. – М. : Наука, 1975. – 576 с.

УДК 69.057:7

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ БЕТОНОВ И РАСТВОРОВ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Н. В. ЧЕРНЮК, Т. В. ЯШИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Придание строительным бетонам и растворам большей долговечности, а конструкциям из них – большей надежности всегда актуально при строительстве зданий и сооружений на транспорте или проведении ремонтно-строительных работ. Из мирового опыта разных способов повышения надежности и долговечности бетонов следует отметить, что более 70 % всего объема бетона укладывается с применением химических добавок.

Строительные бетоны и растворы, состоящие из комплексного вяжущего (минерального портландцемента и полимера) являются материалами, отличающимися высоким уровнем адгезии