

УДК 624.012.45

к.т.н. Емец Е. В.,
к.т.н. Карапетян С. Х.,
Никишина И. А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОДАТЛИВОСТИ ОСНОВАНИЯ НА РАБОТУ РАМНЫХ СИСТЕМ

Исследовано напряженно-деформированное состояние рам каркасных зданий при воздействии на них перемещений податливого основания. Проанализирована степень влияния податливости закрепления стоек с основанием от абсолютно жесткого до шарнирного на величины критических нагрузок. Для различных ступеней податливости закрепления стоек в основании определены критические значения продольных усилий.

Ключевые слова: податливость, деформированное основание, рамные системы, жесткость, гибкость, ригель.

Строительство зданий и сооружений на деформируемом основании имеет очень широкое распространение. Учет влияния податливости основания на эксплуатационную пригодность сооружений в большей степени зависит от достоверности расчетов и учета реальных свойств грунтов и конструкционных материалов.

Проектирование сооружений в сложных грунтовых условиях связано с необходимостью учета распределения усилий от совместного влияния силовых и деформационных воздействий. Величины перемещений оснований фундаментов и усилия в элементах каркаса зависят от жесткости надфундаментных конструкций и их соединений, податливости защемления фундаментов в грунте и величин нагрузок на каркас [1–2].

Исследуем работу П-образной рамы при различных соотношениях погонных жесткостей ригеля и стоек и при различной податливости соединения элементов между собой и с основанием (рис. 1).

Отношение погонных жесткостей ригеля и стоек примем

$$i = \frac{E \times I_p \times h_p}{E \times I_c \times h_c}. \quad (1)$$

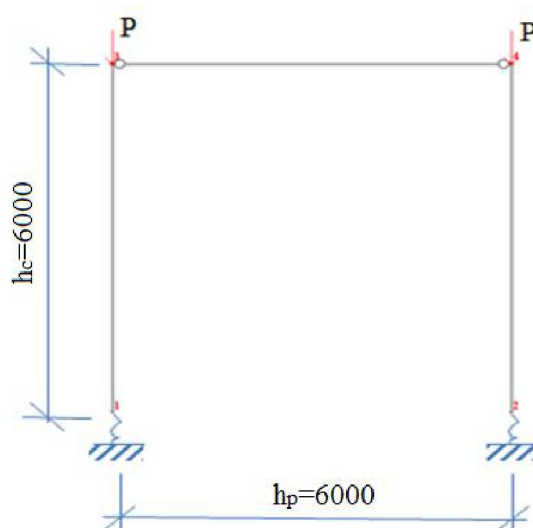


Рисунок 1 Расчетная схема рамы

Податливость соединения стоек в основании примем

$$0 \leq n_c^u \leq \infty. \quad (2)$$

Податливость соединения стоек с ригелем примем

$$0 \leq n_p \leq \infty. \quad (3)$$

Расчеты выполнялись для различных вариантов податливости соединения стоек с ригелем и основанием:

1 вариант — абсолютно жесткое соединение элементов между собой и с основанием:

$$n_c^u = 0; n_p = 0. \quad (4)$$

2 вариант — элементы рамы соединены между собой абсолютно жестко, а с основанием — шарнирно:

$$n_c^u = \infty; n_p = 0. \quad (5)$$

3 вариант — абсолютно жесткое соединение элементов между собой, конечная жесткость соединения с основанием:

$$0 \leq n_c^u \leq \infty; n_p = 0. \quad (6)$$

4 вариант — жесткое соединение стоек с основанием и соединение ригеля со стойками конечной жесткости:

$$n_c^u = 0; 0 \leq n_p \leq \infty. \quad (7)$$

Искомые величины:

- поворот узла 3 (φ_3);
- поворот узла 4 (φ_4);
- горизонтальное перемещение узла 3 (Δ_3).

Функции влияния продольного изгиба:

$$s_{1-3} = s_{2-4} = \sqrt{\frac{P \times h_p^2}{EI_c}}; s_{3-4} = 0. \quad (8)$$

Приведем результаты расчета рамы при изменении податливости закрепления стоек с основанием для различных соотношений погонных жесткостей ригеля и стоек, т. е. для симметричной и несимметричной потери устойчивости.

Соединение элементов между собой принимаем абсолютно жестким $n_p = 0$.

При несимметричной потере устойчивости выражение для соотношения погонных жесткостей ригеля и стоек примет вид:

$$i = \frac{(R_3^c + R_4^c)^2 - R_3^c \times R_4^c}{6R_2^c}, \quad (9)$$

где R_i^c — значения реактивных усилий от неизвестных перемещений.

Для различных значений податливости соединения стоек с основанием при изменении соотношения погонных жесткостей ригеля и стоек (i) определим критические значения функций продольных усилий ($Y_{кр}$). Результаты вычислений приведены на рисунке 2.

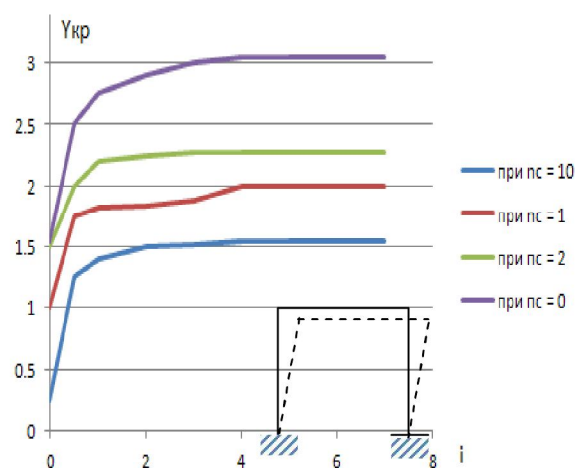


Рисунок 2 График влияния жесткости элементов и податливости основания на критические значения продольного изгиба при несимметричной потере устойчивости

Для случая симметричной потери устойчивости горизонтальное перемещение $\Delta_3 = 0$, а повороты узлов 3 и 4 $\varphi_3 = -\varphi_4$.

Для различных ступеней податливости закрепления стоек в основании при изменении соотношения погонных жесткостей ригеля и стоек определяем критические значения продольных усилий для случая симметричной потери устойчивости. Результаты вычислений приведены на рисунке 3.

На основании полученных результатов определим влияние податливости узлов закрепления стоек в основании на величины критических вертикальных нагрузок (P) при различных соотношениях погонных жесткостей ригеля и стоек.

При этом в качестве предельного примем значение критических нагрузок на раму при абсолютно жестком закреплении стоек в основании:

$$P_{кр} = \frac{Y_{кр}^2 \times i}{h_c}. \quad (10)$$

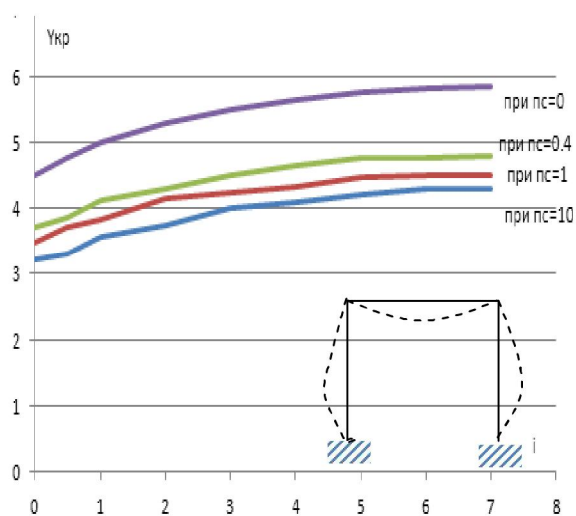


Рисунок 3 График влияния жесткости элементов и податливости основания на критические значения продольного изгиба при симметричной потере устойчивости

При изменении податливости закрепления стоек в основании критическая нагрузка составит:

$$P_{кр}^{(n)} = \frac{Y_{кр(n)}^2 \times i}{h_c}. \quad (11)$$

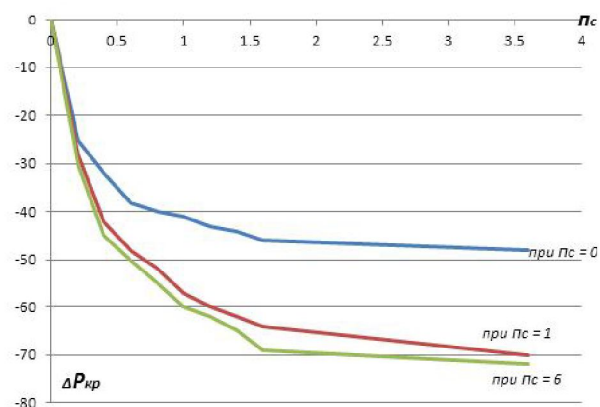
Изменение критической нагрузки определим по формуле:

$$\Delta P_{кр} = \frac{P_{кр}^{(n)} - P_{кр}}{P_{кр}} \times 100\%. \quad (12)$$

Проанализируем степень влияния податливости закрепления стоек с основанием от абсолютно жесткого до шарнирного на величины критических нагрузок.

Сопоставляя графики на рисунках 2 и 3, сделаем вывод о том, что критические значения влияния продольного изгиба при несимметричной потере устойчивости для любых значений податливости закрепления стоек в основании меньше соответствующих значений при симметричной потере устойчивости. Таким образом, несимметричная потеря устойчивости может быть вызвана меньшими вертикальными нагрузками и, следовательно, является более опасной.

На рисунке 4 приведены графики влияния податливости закрепления стоек в основании на величину критической нагрузки при симметричной и несимметричной потере устойчивости.



1 – при несимметричной потере устойчивости;
2 – при симметричной потере устойчивости

Рисунок 4 График зависимости податливости основания от величины критических нагрузок при различных соотношениях погонных жесткостей ригеля и стоек

Результаты вычислений показывают, что учет податливости закрепления стоек с основанием существенно снижает предельные значения продольного изгиба и нагрузок как при симметричной, так и при несимметричной потере устойчивости. Рост податливости основания сопровождается существенным снижением критических значений нагрузок (при $n_c'' = \infty$ критическим величинам для шарнирного примыкания стоек и основания).

График зависимости податливости основания на величины критических нагрузок при различных соотношениях погонных жесткостей ригеля и стоек показывает, что учет податливости закрепления стоек в основании оказывает более существенное влияние на величины критических нагрузок при несимметричной потере устойчивости, чем при симметричной. При несимметричной потере устойчивости при относительной податливости закрепления стоек в основании:

- при $n_c^H = 0,2$ величины критических нагрузок снижаются на 30 %;
- при $n_c^H = 0,4$ величины критических нагрузок снижаются на 40 %;
- при $n_c^H > 1$ величина критической нагрузки снижается более чем на 60 %.

Соответственно, для симметричной потери устойчивости снижение критических нагрузок составляет

- при $n_c^H = 0,2$ — 25%;
- при $n_c^H = 0,4$ — 35%;
- при $n_c^H > 1$ — менее 50 %.

Вывод:

1. Установлено, что при различных соотношениях погонных жесткостей ригеля и стоек учет податливости закрепления стоек в основании оказывает более существенное влияние на величины критических нагрузок при несимметричной потере устойчивости, чем при симметричной. При несимметрич-

ной потере устойчивости при относительной податливости закрепления стоек в основании величины критических нагрузок снижаются на 30–60 %. При симметричной потере устойчивости снижение критических нагрузок составляет 25–50 %.

2. Существенное влияние на величину критической нагрузки оказывает не столько соотношение погонных жесткостей ригеля и стоек, сколько относительная податливость закрепления стоек в основании. При изменении соотношения погонных жесткостей (i) в диапазоне от 1 до 6 изменение критической нагрузки при любой степени податливости не превышает 4–5 %. При увеличении степени податливости (n_c^H) в диапазоне от 0 до 0,2 при любых соотношениях погонных жесткостей ригеля и стоек значения критических нагрузок при симметричной и несимметричной потере устойчивости снижаются на 25–30 %.

Библиографический список

1. Клепов, С. Н. Расчет сооружений на деформируемом основании [Текст] / С. Н. Клепов. — К. : НИИСК, 1996. — 204 с.
2. Малышев, М. В. Прочность грунтов и устойчивость оснований [Текст] / М. В. Малышев. — М. : Стройиздат, 1977. — 176 с.
3. Трегуб, А. С. Варіаційний метод розв'язання нелінійних контактних задач при деформаціях основ і споруд [Текст] / А. С. Трегуб // *Механіка ґрунтів та фундаментобудування: Матеріали 4-укр. наук.-практ. конф.* — К., 2000. — Вип. 53, кн. 2. — С. 247–251.
4. Узун, И. А. Расчетные модели железобетонных элементов [Текст] / И. А. Узун. — Одесса : ИМК Город мастеров, 2000. — 248 с.
5. Кодыш, Э. Н. Универсальный узел сопряжения ригеля с колонной [Текст] / Э. Н. Кодыш, Л. Л. Лемыш, И. И. Мордуховичи др. // *Бетон и железобетон.* — 1994. — Вып. 1. — С. 2–4.
6. Шмуклер, В. С. Учет полной диаграммы “ $\sigma_b - \epsilon_b$ ” в алгоритме расчета железобетонных элементов / В. С. Шмуклер, И. Я. Лучковский // *Науковий вісник будівництва. Матеріали міжнародної конференції “Ресурс і безпека експлуатації конструкцій, будівель і споруд”.* — Харків : ХДТУБА, ХОТВ АБУ. 2003. — Вип. 23. — С. 143–150.
7. Эренбург, В. М. Эксплуатационные пластические шарниры в железобетонных ригелях рамных каркасов общественных зданий [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук / В. М. Эренбург. — М., 1994. — 24 с.
8. Емец, Е. В. Совершенствование методов расчета конструкций каркасных зданий при неравномерных осадках основания [Текст] / Е. В. Емец // *Современные проблемы строительства : ежегодный научно-технический сборник.* — Донецк : Донецкий ПромстройНИИпроект, ООО “Лебедь”, 2003. — Вип. 1(6). — С. 46–50.

© Емец Е. В.

© Карапетян С. Х.

© Никишина И. А.

Рекомендована к печати и.о. заведующего каф. СК, к.т.н., доц. ДонГТУ Псюком В. В., д.т.н., проф. каф. ГиПС ИСАиЖКХ ЛНУ им. В. Даля Дроздом Г. Я.

Статья поступила в редакцию 21.02.17.

к.т.н. Ємець О. В., к.т.н. Карапетян С. Х., Нікішина І. О. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОДАТЛИВОСТІ ОСНОВИ НА РОБОТУ РАМНИХ СИСТЕМ

Досліджено напружено-деформований стан рам каркасних будинків при впливі на них переміщень податливої основи. Проаналізовано ступінь впливу податливості закріплення стійок з основою від абсолютно жорсткого до шарнірного на величини критичних навантажень. Для різних ступенів податливості закріплення стійок в основі визначені критичні значення поздовжніх зусиль.

Ключові слова: податливість, деформована основа, рамні системи, жорсткість, гнучкість, ригель.

PhD Yemets E. V., PhD Karapetyan S. Kh., Nikishina I. A. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

INVESTIGATING THE INFLUENCE OF BASEMENT PLIABILITY ON FRAME SYSTEM BEHAVIOR

The stress-strain state of building frames has been examined when the pliable basement displacement influenced them. The influence of pliability on critical loads when legs are fastened to the basement has been analyzed from completely rigid to the jointed type of fastening. Critical values of longitudinal forces have been determined for various degree of pliability of legs fastening in the basement.

Key words: pliability, deformed basement, frame system, rigidity, plasticity, cross bar.