

МІСТОБУДУВАННЯ
ТА ТЕРИТОРІАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ

ВИПУСК 61

(спеціальний випуск)

2016



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ

МІСТОБУДІВАННЯ ТА ТЕРИТОРІАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ

Науково-технічний збірник

Заснований у 1988 році

ВИПУСК №61
(спеціальний)

Цей випуск присвячений пам'яті професора Барашикова А.Я.
Збірник підготовлено за матеріалами доповідей і повідомлень зроблених на
Міжнародній науково-практичній конференції
**«БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ:
СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ТА КОНСТРУКЦІЇ»**
(2-3 червня 2016 року).

Організатори конференції:

Міністерство освіти і науки України,
Міністерство оборони України,
Академія будівництва України.

ПАРТНЕРИ КОНФЕРЕНЦІЇ



Оргкомітет висловлює щирю подяку
представництву Польської академії наук
в м. Києві та особисто
професору Генріку Собчку

Тези доповідей і повідомлень конференції опубліковані в окремих виданнях.

Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник / Відпов. ред. М.М. Осетрін. – К., КНУБА, 2016. – Вип. 61 (спеціальний) – 475 с.

Українською та російською мовами.

В збірнику висвітлюються інженерні та економічні проблеми теорії і практики містобудування, територіального планування, управління містобудівельними системами і програмами, комплексної оцінки, освоєння, розвитку, утримання та реконструкції території і житлової забудови, розглядаються нагальні питання містобудівного кадастру, розвитку населених пунктів, їх інженерної та транспортної інфраструктури.

Градостроительство и территориальное планирование: Науч.-техн. сборник / Ответ. ред. Н.Н. Осетрин. – К., КНУБА, 2016. – Вип. 61. – 475 с. На украинском и русском языках.

В сборнике освещаются инженерные и экономические проблемы теории и практики градостроительства, территориального планирования, управления градостроительными системами и программами, комплексной оценки, освоения, развития, содержания и реконструкции территории и жилой застройки, рассматриваются насущные вопросы градостроительного кадастра, развития населенных пунктов, их инженерной и транспортной инфраструктуры.

Відповідальний редактор - кандидат технічних наук, професор М.М. Осетрін.

Редакційна колегія: доктор технічних наук, професор Габрель М.М.; член-кореспондент АМ України, доктор архітектури, професор Дьомін М.М.; доктор технічних наук, професор Карпінський Ю.О.; доктор технічних наук, професор Ключниченко Є.Є.; доктор архітектури, професор Лаврик Г.І.; доктор технічних наук, професор Лященко А.А.; кандидат технічних наук, доцент Мамедов А.М. (заст. відп. редактора); доктор географічних наук, професор Нудельман В.І.; доктор архітектури, професор Панченко Т.Ф.; доктор технічних наук, професор Плоский В.О.; кандидат технічних наук, професор Рейцен Є.О.; доктор технічних наук, професор Самойлович В.В.; доктор технічних наук, професор Сергейчук О.В.; доктор архітектури, професор Слепцов О.С.; доктор архітектури, професор Тімохін В.О.; доктор технічних наук, професор Усаковський С.Б.; доктор архітектури, професор Фільваров Г.І.; доцент Чередніченко П.П. (відп. секретар); дійсний член АМ України, доктор технічних наук, професор Яковлев М.І.

Рекомендовано до видання вченою радою Київського національного університету будівництва і архітектури, протокол №44 від 27 травня 2016 року.

УЧЕТ НЕЛИНЕЙНОЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА В ИНЖЕНЕРНЫХ РАСЧЕТАХ. РЕЖИМ «ИНЖЕНЕРНАЯ НЕЛИНЕЙНОСТЬ» В ПК ЛИРА-САПР.

В статье рассматривается итерационный метод «инженерная нелинейность». Представляемый метод позволяет определить реальные жесткостные характеристики сечения, которые могут быть пониженными в связи с появлением трещин, пластическими деформациями бетона и арматуры.

Предлагаемый метод «инженерная нелинейность», с одной стороны позволяет более точно учитывать распределение жесткостей, с другой стороны по технологии практически аналогичен традиционным методам расчета в линейной постановке, т.е. позволяет выполнить расчет на все нагружения, получить РСУ и РСН, подбор арматуры.

Ключевые слова: жизненный цикл, компьютерное моделирование, конструктивные элементы, нелинейный расчет, устойчивость, физическая и геометрическая нелинейность, напряженно - деформированное состояние.

In given article is considered iterative method "engineering nonlinearity". Given method allows defining real characteristics of section stiffness that could be decreased owing to cracks occurrence, plastic deformations of concrete and reinforcement.

Proposed method "engineering nonlinearity" allows on the one hand to take into account more exactly stiffness distribution, on the other hand is similar to traditional analysis methods into linear formulation, i.e. allows to perform analysis on all load-cases, obtain DCF and DCL, perform reinforcement selection.

Key words: life cycle, computer modelling, structural elements, nonlinear analysis, stability, physical and geometrical nonlinearity, stress - strain state.

Вступление

Ползучесть, трещины и другие специфические особенности железобетона обуславливают изменение жесткостных характеристик элементов уже на ранних этапах нагружения, включая и эксплуатационную стадию. Это приводит к перераспределению усилий, значительному увеличению перемещений по сравнению с линейно-упругим расчетом. Нормативные документы

ориентируют инженера на учет этих факторов. Так в ДБН и Еврокоде рекомендуется проводить расчет с учетом физической нелинейности.

Программный комплекс ЛИРА-САПР предоставляет возможность инженеру выполнять такие расчеты. Однако расчет конструкции с учетом физической нелинейности [2, 3] в строгом математическом понимании этого процесса при использовании в массовых инженерных расчетах имеет ряд недостатков:

- такой расчет может быть выполнен только на одно нагружение и его нельзя использовать в РСУ или РСН;
- такой расчет требует больших ресурсозатрат – шаговый метод обуславливает необходимость многократного решения систем линейаризованных уравнений;
- такой расчет требует задания арматуры (диаметры и расположение) в каждом сечении стержня или пластинчатого элемента.

С другой стороны, некоторые нормативы, пытаясь несколько сгладить это несоответствие, предлагают просто вводить занижающие коэффициенты на жесткость для изгибаемых элементов 0,3 и сжатых 0,6. Конечно, такое грубое предположение не учитывает, что снижение жесткости зависит от величины и характера напряженного-деформированного состояния сечения. О снижении жесткости растянутых элементов вообще ничего не говорится.

Метод «Инженерная нелинейность» ориентирован на некоторое устранение этого несоответствия (некоторые предложения в этом направлении были известны ранее [1]) и этот метод надо позиционировать как метод уточненного дифференцированного учета снижения жесткостных характеристик железобетонных элементов.

Метод «Инженерная нелинейность» состоит в следующем:

1. Задается «определяющее нагружение», которое по мнению инженера в основном определяет напряженного-деформированного состояние конструкции (развитие трещин, пластические деформации бетона и арматуры) на протяжении жизненного цикла конструкции. «Определяющее нагружение»

может составляться на основании набора нагружений (собственный вес, полезные нагрузки и др.), которые задаются инженером для последующего традиционного расчета или назначается инженером на основе других предположений.

2. Производится расчет на «определяющее нагружение» в физически нелинейной постановке с одновременным подбором арматуры. Расчет выполняется итерационным методом.

3. В результате итерационного расчета на основе НДС каждого сечения стержня и КЭ пластинчатой конструкции определяются жесткостные характеристики.

4. Выполняется традиционный расчет конструкции, элементы которой имеют жесткостные характеристики определяемые в результате итерационного расчета. Традиционный расчет подразумевает расчет в линейно-упругой постановке на весь набор нагружений (собственный вес, полезная нагрузка, сейсмика и др.), составление РСУ или РСН, подбор или проверку сечений стержней железобетонных и стальных элементов, конструирование.

Наиболее ответственным и сложным в постановке и реализации является этап определения жесткостных характеристик сечений стержня и пластинчатого элемента [4].

Определение жесткостных характеристик сечения стержня

На рис. 1 представлено произвольное сечение стержня, на которое действует два момента M_x и M_y , нормальная сила N . Моменты действуют относительно главных осей сечения x и y . Нормальная сила приложена в точке C – пересечении геометрической оси стержня с плоскостью сечения.

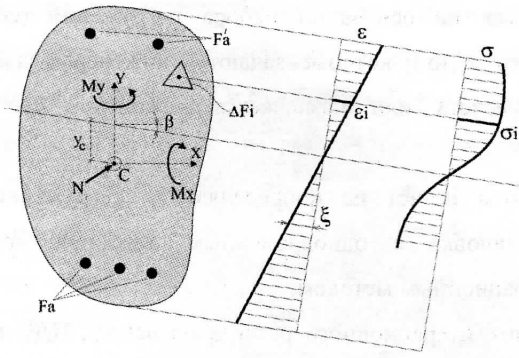


Рис. 1. Напряженно-деформированное состояние сечения стержня

Зависимость σ - ϵ для бетона представлена на рис. 2, для арматуры – на рис. 3.

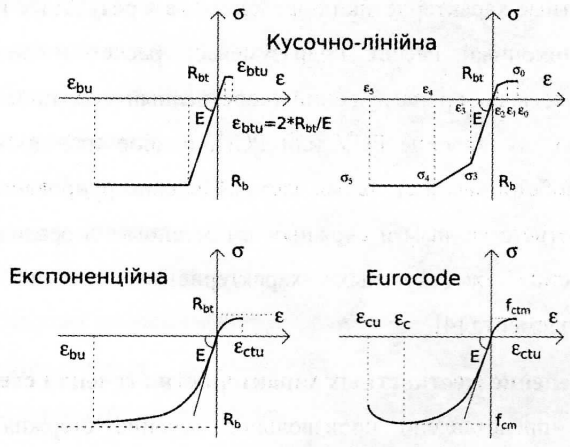


Рис. 2. Зависимость напряжение-деформация для бетона

В результате итерационного процесса находятся:

Y_c – смещение нейтральной оси;

β – угол поворота нейтральной оси;

ξ – привязка сечения.

Эти три неизвестных находятся из трех уравнений равновесия:

$$\sum Z=0, \sum m_x=0, \sum m_y=0.$$

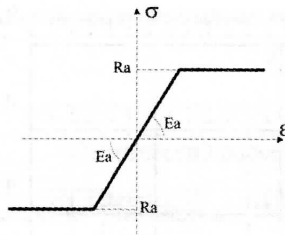


Рис. 3. Зависимость напряжение-деформация для арматуры

Жесткостные характеристики $E_{обF}$, $E_{обI_x}$, $E_{обI_y}$ определяются на основании зависимостей σ - ε для бетона и арматуры (рис. 2, 3).

$$E_{обF} = \sum_{i=1}^n E_{сек,i} \Delta F_i$$

$$E_{обI_x} = \sum_{i=1}^n E_{сек,i} \Delta F_i Y_i^2$$

$$E_{обI_y} = \sum_{i=1}^n E_{сек,i} \Delta F_i X_i^2$$

Здесь ΔF_i – элементарные участки, на которые расчленяется сечение бетона и площади отдельных стержней арматуры.

n – количество участков.

$E_{сек,i}$ – секущий модуль деформаций, который определяется на основании зависимостей σ - ε (рис. 2,3).

x_i, y_i – расстояние центра тяжести i участка до главных осей, положение которых (Y_c, β) определено в результате итерационного расчета.

Режим «Инженерная нелинейность» реализован в программном комплексе ЛИРА-САПР. Ниже приводятся результаты расчета рамы на основе инженерной нелинейности (рис. 4).

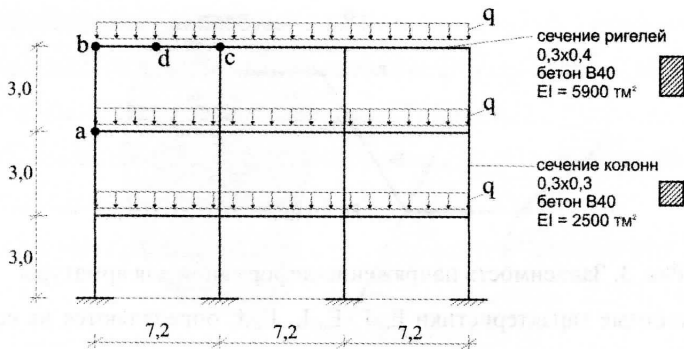


Рис. 4. Расчетная схема исследуемой конструкции

В качестве определяющего нагружения была принята нагрузка $q=15 \text{ т/п.м.}$ на рис. 5 приведены соответствующие жесткости для ригеля в – с и колонн а – в.

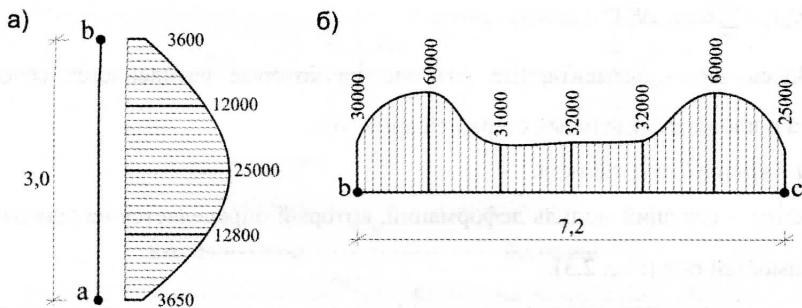


Рис. 5. Эпюры жесткостей $EI \text{ тм}^2$ полученных на основе расчета по методу «ИНЖЕНЕРНАЯ НЕЛИНЕЙНОСТЬ»: а) для колонны, б) для ригеля

Анализируя эпюры жесткостных характеристик можно сделать вывод, что рекомендуемое нормативами снижение жесткостных характеристик для колонн на понижающий коэффициент 0,6 (в этом случае эпюра для колонн выглядела бы постоянной и равной $0,6 \times 2500 = 1500 \text{ тм}^2$) и для ригелей 0,3 (в этом случае эпюра выглядела бы постоянной и равной $0,3 \times 5900 = 1770 \text{ тм}^2$) выглядит достаточно грубым приближением.

В таблице 1 приведены результаты линейно-упругого расчета рамы на нагрузку $q=20 \text{ т/п.м.}$ с учетом дифференцированного распределения

жесткостей для всех элементов, полученных на основе режима «Инженерная нелинейность».

Табл. 1

Вид расчета	Значение параметров НДС	Статический расчет			Динамический расчет	
		Момент в ригеле «в – с» в узле «в» в тм	Момент в ригеле «в – с» в узле «d» в тм	Перемещение в узле «d» в тм	Частота ω в герцах	Период Т в сек.
линейно-упругий расчет с начальными жесткостями		58,4	100,7	54,0	0,182	5,51
линейно-упругий расчет с жесткостями полученными на основе режима «Инженерная нелинейность»		74,3	84,5	113,0	0,158	6,32

Анализируя результаты расчета приведенные в табл. 1 можно сделать следующие выводы:

- получено некоторое перераспределение усилий – в менее нагруженном сечении «в» ригеля момент увеличился, в более нагруженном сечении «d» ригеля момент уменьшился;
- перемещение узла «d» увеличилось более чем в 2 раза;
- частота собственных колебаний (первая форма) уменьшилась, а период увеличился.

В заключение еще раз следует отметить, что режим «Инженерная нелинейность» предназначен только для учета пониженной жесткости железобетонных конструкций в массовых инженерных расчетах и ни в коем случае не заменяет расчет с учетом физической нелинейности [3].

В ПК ЛИРА-САПР реализован режим «Инженерная нелинейность». Для учета изменения жесткостных характеристик железобетонных элементов пользователю необходимо только назначить «определяющее нагружение» и включить этот режим.

Литература

1. Бондаренко В.М. Инженерные методы нелинейной теории железобетона / В.М. Бондаренко – М.: Стройиздат, 1982. – 287 с.
2. Барабаш М. С. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла объектов строительства: Монография / Мария Сергеевна Барабаш. – К.: «Сталь», 2014. – 301 с.
3. Городецкий А.С. К расчету физически нелинейных плоских рамных систем / А. С. Городецкий, В. С. Здоренко // Строительная механика и расчет сооружений. – 1969. – № 4. – С. 61-68.
4. Пикуль А.В. Определение жесткостных характеристик сечения железобетонного стержня с учетом нелинейных свойств материала / А.В. Пикуль, Д.А. Городецкий // Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений: тезисы докладов IV Международного симпозиума. – Челябинск.: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – С. 228.

Барашиков Арнольд Якович.....	3
Орленко М.І. Специфіка і складності відтворення Успенського собору Києво-Печерської Лаври	6
Дворкін Л.Й., БабичЄ.М., Житковський В.В., Степасюк Ю.А. Високоміцні швидкоотверднучі бетони.....	13
Городецкый А.С., Барабаш М.С. Учет нелинейной работы железобетона в инженерных расчетах. Режим «инженерная нелинейность» в ПК ЛИРА-САПР.....	19
Бліхарський З.Я., Вегера П.І., Хміль Р.Є. Експериментальні дослідження несучої здатності похилих перерізів залізобетонних балок підсилені системою FRСМ.....	27
Білик А.С., Пікуль А.В., Нужний В.В., Шайдюк М.В. Кафедра металевих і дерев'яних конструкцій КНУБА для захисту батьківщини	33
Семчук І.Ю., Нілова Т.О. Місцева стійкість стінок поперечно гофрованих балок при дії локальних навантажень	45
Демчина Б.Г., Іваник Ю.І. Дослідження напружено-деформованого стану сталезалізобетонних попередньо напружених шпренгельних конструкцій в умовах поstadійної роботи	50
Першаков В. М., Белятинський А. О., Бакулін Є. А., Бакуліна В. М., Болотов Г. І., Попович І. О. Тенденції розвитку світового висотного будівництва.....	62
Демчина Б. Г., Була С. С., Лисюк С. А., Пелех А. Б. Пропозиція щодо національного додатку до ДСТУ-Н Б EN 1995-1-1:2010 ЄВРОКОД 5. «проектвання дерев'яних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд» (EN 1995-1-1:2004, idt)	73
Михальченко С.В. Формування системи стратегічного планування і прогнозування у будівельній галузі сфери національної безпеки України.....	78
Скорук Л.М., Сібіковський О.В. Визначення прогину залізобетонних балок змінного поперечного перерізу від дії рівномірного навантаження	84
Савицкий Н.В., Никифорова Т.Д. Укрепленные районы и мобильные блок-посты для обороны территории и защиты личного состава в зоне проведения антитеррористической операции	92

МІСТОБУДУВАННЯ ТА ТЕРИТОРІАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ

Науково-технічний збірник

Випуск 61

Має свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації в Державному комітеті інформаційної політики України (серія КВ № 4186 від 10 травня 2000 року).

Визнаний ВАК України, як наукове фахове видання України, в якому можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Постанови президії ВАК України від 10 листопада 1999 р. №3-05/11 та 10 лютого 2010 р. №1-151).

Перелік розсилки даного збірника опубліковано у випуску № 4 за 1999 рік.

Вимоги до оформлення рукописів статей для опублікування в збірнику наведено у випусках №35 за 2009 рік, №42 за 2011 рік, №50 за 2014 рік та №55 за 2015 рік.

Зміст випусків збірника з №1 по №19 опубліковано у випуску за №20, випусків з №20 по №39 опубліковано у випуску за №40, з №40 по №54 у випуску за №55.

З випусками збірника, починаючи з №10, можна ознайомитись на сайті <http://www.nbu.gov.ua> національної бібліотеки НАН України ім. В.І. Вернадського, з №25 на сайті <http://library.knuba.edu.ua> бібліотеки КНУБА та на сайті збірника <http://www.mtp.in.ua>.

Статті можна надіслати за адресою електронної пошти: zbirnyk@yahoo.com.

Адреса редколегії: 03037, м.Київ-37, Повітрофлотський пр., 31. КНУБА.
Тел.: 241-55-43, 245-42-04.

Підписано до друку 27.05.2016 р. Формат 60x84^{1/16}.
Обл.-вид. арк. . Тираж 150. Зам. №16-332.

ПАТ "ВІПОЛ"

03151, м.Київ-151, вул. Волинська, 60