

УДК 6904; 091

[https://doi.org/10.37538/0005-9889-2026-1\(632\)-20-28](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2026-1(632)-20-28)**М.Б. КРАКОВСКИЙ¹, И.Н. ТИХОНОВ^{2,✉}**¹ ООО НПКТБ «ОПТИМИЗАЦИЯ», ул. Дмитрия Ульянова, д. 24, кв. 331, г. Москва, 117036, Российская Федерация² АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, к. 5, г. Москва, 109428, Российская Федерация

О МЕТОДАХ РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация

Введение. Статья носит дискуссионный характер. Авторы представляют результаты своих исследований, предлагая их для обсуждения и оценки широкому кругу инженерной общественности: составителям норм, разработчикам и пользователям компьютерных программ, сотрудникам проектных, экспертных и научно-исследовательских организаций, преподавателям и студентам вузов.

Цель. Сравнить результаты, получаемые при расчетах нормальных сечений железобетонных конструкций по двум методам: нелинейной деформационной модели (НДМ) и методу предельных усилий (МПУ). Проанализировать реализацию НДМ в различных ЭВМ-программах для расчетов железобетонных конструкций: ОМ СНиП Железобетон, Ing+, Арбат, ЛИРА-САПР, Лира 10, STARK ES.

Материалы и методы. При сравнении результатов, получаемых по НДМ и МПУ, исследованы изгибаемые и внецентренно сжатые элементы. При внецентренном сжатии рассмотрен случай двузначной эпюры деформаций при расчетах по НДМ. Расчеты выполняли по программе ОМ СНиП Железобетон. При анализе реализации НДМ в различных ЭВМ-программах сравнивали алгоритмы, предусмотренные в СП 63.13330.2018 и использованные разработчиками программ, а также анализировали результаты, получаемые по программам.

Результаты. Выявлены случаи существенного расхождения результатов, получаемых по НДМ и МПУ. Оказалось, что НДМ требует значительного неоправданного перерасхода устанавливаемой для обеспечения прочности арматуры по сравнению с МПУ. Указаны причины расхождений. Ежегодный экономический ущерб только от перерасхода арматуры, возникающего при неправильных расчетах, составляет свыше 100 млрд руб. Также возможны аварии. Сформулированы вопросы для обсуждения с целью исправления ситуации.

Выводы. Общее состояние расчетов железобетонных конструкций следует признать требующим корректировки. Обсуждение поставленных вопросов должно помочь решению этой задачи. Считать целесообразным разработку документа с набором эталонных примеров, позволяющих получать по разным программам одинаковые результаты при одинаковых исходных данных.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, нормальные сечения, расчет, прочность, нелинейная деформационная модель, метод предельных усилий, сопоставление результатов, ЭВМ-программы, ОМ СНиП Железобетон, Ing+, Арбат, ЛИРА-САПР, Лира 10, STARK ES

Для цитирования: Краковский М.Б., Тихонов И.Н. О методах расчета железобетонных конструкций // Бетон и железобетон. 2026. № 1 (632). С. 20–28. DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2026-1\(632\)-20-28](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2026-1(632)-20-28). EDN: XFXAUR.

Вклад авторов

Все авторы внесли равноценный вклад в подготовку публикации.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 02.12.2025

Поступила после рецензирования 28.01.2026

Принята к публикации 05.02.2026

M.B. KRAKOVSKY¹, I.N. TIKHONOV^{2,✉}

¹ LLC NPKTB OPTIMIZATSIYA, Dmitry Ulyanov str., 24, appt. 331, Moscow, 117036, Russian Federation

² JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 5, Moscow, 109428, Russian Federation

ON METHODS OF CALCULATION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Abstract

Introduction. The article is debatable in nature. The authors present the results of their research, offering them for discussion and evaluation to a wide range of the engineering community: drafters of standards, developers and users of computer programs, employees of design, expert and research organizations, teachers and university students.

Aim. To compare the results obtained when calculating the normal cross-sections of reinforced concrete structures using two methods: the nonlinear deformation model (NDM) and the ultimate efforts method (UEM). To analyze the implementation of NDM in various computer programs for calculations of reinforced concrete structures: OM SNIIP Reinforced Concrete, Ing+, Arbat, LIRA-CAD, Lira 10, STARK ES.

Materials and methods. When comparing the results obtained by NDM and UEM, bendable and non-centrally compressed elements were studied. In the case of off-center compression, the case of a positive and negative values deformation diagram in NDM calculations is considered. Calculations were performed according to the OM SNIIP Reinforced Concrete program. When analyzing the implementation of NDM in various computer programs, the algorithms provided for in SP 63.13330.2018 and used by program developers were compared, and the results obtained from the programs were analyzed.

Results. Cases of significant discrepancies between the results obtained by NDM and UEM have been identified. It turned out that NDM requires significant unjustified overspending of the reinforcement installed to ensure the strength compared to UEM. The reasons for the discrepancies are indicated. The annual economic damage caused by overspending of fittings, which occurs due to incorrect calculations, is over 100 billion rubles. Accidents are also possible. Questions have been formulated for discussion in order to remedy the situation.

Conclusions. The general state of calculations of reinforced concrete structures should be recognized as requiring adjustments. Discussion of the issues raised should help solve this problem. It is advisable to develop a document with a set of reference examples that allows to obtaining the same results for different programs with the same source data.

Keywords: reinforced concrete structures, normal cross-sections, calculation, strength, nonlinear deformation model, method of limiting forces, comparison of results, computer programs, OM SNIIP Reinforced Concrete, Ing+, Arbat, LIRA-CAD, Lira 10, STARK ES

For citation: Krakovsky M.B., Tikhonov I.N. On methods of calculation of reinforced concrete structures. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], 2026, no. 1 (632), pp. 20–28. (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2026-1\(632\)-20-28](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2026-1(632)-20-28). EDN: XFXAUR.

Authors contribution statement

All the authors have made an equal contribution to the preparation of the publication.

Funding

No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 02.12.2025

Revised 28.01.2026

Accepted 05.02.2026

Расчет железобетонных конструкций является важным этапом их проектирования. Правильность расчетов во многом определяет надежность и экономичность возводимых зданий и сооружений. Основные положения расчетов регламентирует СП 63.13330.2018 [1]. В этом документе предусмотрены два подхода к оценке прочности нормальных сечений: нелинейная деформационная модель (НДМ) как основной метод и метод предельных усилий (МПУ), допустимый при выполнении следующих условий:

- сечение имеет простейшую форму: прямоугольную, тавровую или двутавровую;
- внешняя сила действует в плоскости оси симметрии;
- арматура расположена у перпендикулярных к этой плоскости граней.

В статье обсуждаются особенности приведенных подходов. Рассмотрены два вопроса:

- особенности расчетов по НДМ и МПУ;
- реализация в компьютерных программах положений СП [1] расчета по НДМ.

Изложение носит дискуссионный характер. Авторы представляют результаты своих исследований, предлагая их для обсуждения и оценки широкому кругу инженерной общественности: составителям норм, разработчикам и пользователям компьютерных программ, сотрудникам проектных, экспертных и научно-исследовательских организаций, преподавателям и студентам вузов.

Особенности расчетов по НДМ и МПУ

Сравнение результатов, получаемых по МПУ и НДМ для отдельных сечений, приведено в [2]. Ниже представлены результаты дальнейших исследований. Чтобы выявить особенности напряженно-деформированного состояния сечений при расчетах по обоим методам, определим напряжения в арматуре в зависимости от относительной высоты сжатой зоны бетона в каждом случае. Исследуем изгибаемые и внецентренно сжатые элементы. При внецентренном

сжатии рассматриваем случай двузначной эпюры деформаций при расчетах по НДМ.

В [3] отмечено, что использование высоты сжатой зоны в качестве исходного параметра для определения напряжения в арматуре имеет ряд преимуществ, поскольку высота сжатой зоны качественно отражает особенности напряженного состояния сечения – она учитывает совокупность влияния многих параметров (вида и количества арматуры, прочности и деформативности бетона, эксцентриситета и т. п.). Поэтому зависимость « $\sigma_s - \xi$ » принимает универсальный характер, будучи пригодной как для внецентренно сжатых, так и для изгибаемых элементов.

Методика расчета по НДМ

Напряжения в арматуре при расчетах по НДМ определяем следующим образом. На рис. 1 изображена схема распределения деформаций по сечению в соответствии с гипотезой плоских сечений.

Из рис. 1 видно, что при заданных значениях ϵ_b и ξ напряжения в арматуре σ_s можно определить по формуле:

$$-R_{sc} \leq \sigma_s = E_s \times \epsilon_b (1 - \xi) / \xi \leq R_s,$$

где R_s, R_{sc} – расчетные сопротивления арматуры соответственно при растяжении и сжатии;

E_s – модуль упругости арматуры.

Методика расчета по МПУ

При расчетах по МПУ используем общий метод расчета (при любых сечениях, внешних усилиях и любом армировании) [4]. Это наиболее универсальный и точный подход, по сравнению с чаще всего используемым упрощенным расчетом прямоугольных, тавровых и двутавровых сечений, при сформулированных выше ограничениях. Ранее при ручном счете применение общего метода было затруднено, поэтому использовали упрощенный подход для простейших случаев [1].

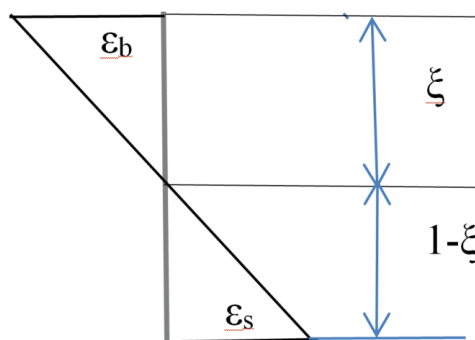


Рис. 1. Распределение деформаций в сечении при расчете по НДМ: ϵ_b – максимальные сжимающие деформации в бетоне (по модулю); ϵ_s – максимальные растягивающие деформации в арматуре; ξ – относительная высота сжатой зоны бетона

Fig. 1. Distribution of deformations in the section when calculated according to NDM: ϵ_b – maximum compressive deformations in concrete (modulo); ϵ_s – maximum tensile deformations in reinforcement; ξ – relative height of the compressed zone of concrete

В настоящее время реализация алгоритмов общего случая на ЭВМ [5] позволяет в полной мере использовать все ее преимущества. Напряжения в арматуре определяют по формуле [4]:

$$(\sigma_{si} = \frac{\sigma_{sc,u}}{1 - \frac{\omega}{1,1}} (\frac{\omega}{\xi_i} - 1) + \sigma_{spi} \quad (1)$$

где $\omega = \alpha - 0,008R_b$ ([4, формула (26)]);

$\sigma_{spi} = 0$ (рассматриваем ненапряженные конструкции).

Результаты расчетов

Рассчитываем сечение элемента из тяжелого бетона класса В25, $\gamma_{b2} = 0,9$; $R_b = 13,05$ МПа. При расчетах по НДМ принимаем $\varepsilon_b = \varepsilon_{b2} = 0,0048$ ([1, табл. 6.10], относительная влажность воздуха окружающей среды 40–75 %). При расчетах по МПУ $\sigma_{sc,u} = 500$ МПа [4, п. 3.12], $\alpha = 0,85$; $\omega = 0,75$.

Формулы для определения σ_s при расчетах по НДМ и МПУ приобретают соответственно вид:

$$\begin{aligned} -435 \leq \sigma_s &= 960 (1 - \xi) / \xi \leq 435; \\ -435 \leq \sigma_s &= 1571 (0,75 / \xi - 1) \leq 435. \end{aligned}$$

В табл. 1 для каждого заданного значения относительной высоты сжатой зоны ξ определено соответствующее напряжение в арматуре при расчетах по НДМ и МПУ. При этом нужно учитывать следующее:

- формы эпюр напряжений в бетоне сжатой зоны различны в НДМ (треугольная) и МПУ (прямоугольная);
- при одинаковой высоте сжатой зоны суммарные усилия в сжатом бетоне при расчетах по НДМ меньше, чем по МПУ;
- сравнение напряжений в табл. 1 проводится в методических целях для анализа различий результатов расчетов по МПУ и НДМ.

На рис. 2 из [3] приведены подтвержденные экспериментально зависимости « $\sigma_s - \xi$ ». Они носят универсальный характер и относятся к любым видам одноосного напряженного состояния сечений.

Таблица 1

Напряжение в арматуре σ_s , МПа, при различных высотах сжатой зоны ξ при расчетах по НДМ и МПУ

Table 1

Reinforcement stresses σ_s , MPa, at different heights of the compressed zone ξ when calculated according to NDM and UEM

ξ	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
σ_s , НДМ	435	435	435	435	435	435	411	240	107
σ_s , МПУ	435	435	435	435	435	393	112	-98	-261

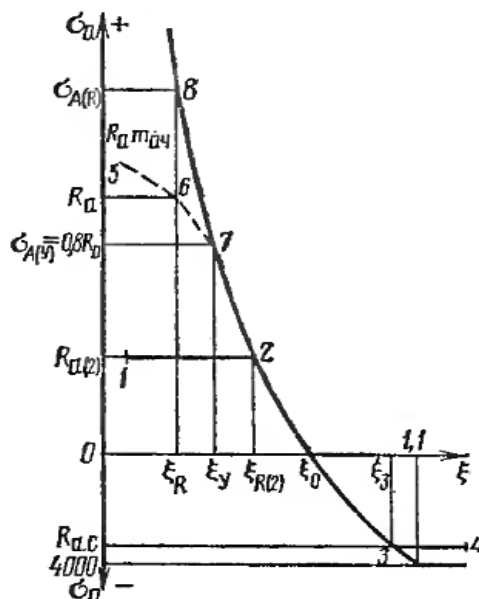


Рис. 2. Зависимость напряжения в арматуре от высоты сжатой зоны при $\sigma_0 = 0$. Характеристики с индексом (2) относятся к арматуре с физическим пределом текучести [3, рис. 7]

Fig. 2. The dependence of the stress in the reinforcement on the compressed zone height at $\sigma_0 = 0$. The characteristics with index (2) refer to reinforcement with a physical yield strength [3, Fig. 7]

Обратим внимание на характеристику сжатой зоны бетона ξ_0 , при которой нейтральная ось проходит по арматуре. При внецентренном сжатии в случае $\xi > \xi_0$ **арматура оказывается сжатой**, распределение напряжений соответствует линии 1 - 2 - 3 - 4. В расчетах по НДМ из-за треугольной эпюры напряжений в сжатом бетоне и принятой гипотезе плоских сечений такого распределения получить нельзя: **арматура всегда растянута** (рис. 1).

Таким образом, результаты расчетов по МПУ в табл. 1 полностью соответствуют подтвержденным экспериментально зависимостям на рис. 2. При $\xi > \xi_0 = 0,75$ в расчетах по МПУ напряжения $\sigma_s < 0$. В расчетах по НДМ напряжения $\sigma_s \geq 0$ при любых значениях ξ . Это подтверждает выводы [2] о значительном перерасходе арматуры при больших значениях ξ .

В [2, 6] приведен пример расчетов прочности по МПУ и НДМ таврового сечения изгибаемого железобетонного элемента с одиночным армированием. Получены следующие результаты. При армировании 4 Ø 25 предельный момент по МПУ 284,2 кНм превышает воспринимаемый момент по НДМ 269,5 кНм на 5,4 %. Однако при действии момента 284,2 кНм нелинейная деформационная модель для обеспечения прочности требует армирования 5 Ø 40, то есть в 3,2 раза больше, чем МПУ 4 Ø 25. Таким образом, небольшое увеличение момента в НДМ (на 5,4 %) вызывает значительное увеличение армирования (в 3,2 раза). Это противоречит физическим представлениям о работе конструкции и является свидетельством серьезного недостатка нелинейной деформационной модели.

Реализация положений СП [1] в компьютерных программах

В [1] предусмотрен следующий алгоритм проверки прочности нормальных сечений по НДМ.

1. Задаем исходные данные:
 - форму и геометрические размеры сечения;

- прочностные и деформативные характеристики материалов (бетона и арматуры);

- точку начала координат в сечении;

- координаты центра тяжести сечений арматурных стержней;

- действующие усилия: моменты в двух направлениях $M_{x,d}$, $M_{y,d}$, продольную силу N_d .

2. Составляем уравнения равновесия [1, (8.39)–(8.41)]. В упрощенном виде их можно представить следующим образом:

$$M_{x,d} = M_{x,b}, M_{y,d} = M_{y,b}, N_d = N_b, \quad (2)$$

где $M_{x,b}$, $M_{y,b}$, N_b – воспринимаемые усилия.

3. Решаем уравнения (2), определяя неизвестные – кривизну в каждом направлении $1/r_x$, $1/r_y$ и относительную деформацию ϵ_0 в начале координат.

4. По формулам [1, (8.29), (8.30)] находим деформации бетона ϵ_b и арматуры ϵ_s в характерных точках сечения.

5. Среди найденных в п. 4 значений находим максимальные деформации бетона $|\epsilon_{b, \max}|$ и арматуры $\epsilon_{s, \max}$.

6. Согласно [1, п. 8.1.30] находим предельные значения деформаций бетона $\epsilon_{b, ult}$ и арматуры $\epsilon_{s, ult}$.

7. Сечение считаем прочным при выполнении условий [1, (8.37), (8.38)]:

$$|\epsilon_{b, \max}| \leq \epsilon_{b, ult}, \epsilon_{s, \max} \leq \epsilon_{s, ult} \quad (3)$$

Представленный алгоритм реализован в программе ОМ СНиП Железобетон [5], а также изложен в книге [7]. Сравнение примеров из [7], расчеты которых выполнены вручную, и по программе [5] показало практически полное совпадение результатов (табл. 2). Поэтому оба подхода с полным основанием следует признать правильными, и получаемые по программе [5] результаты использовать в качестве эталонных.

Таблица 2

Примеры из [7]. Максимальные относительные деформации бетона и арматуры, полученные расчетами в [5] и [7]

Table 2

Examples from [7]. The maximum relative deformations of concrete and reinforcement, obtained by calculations in [5] and [7]

Номер примера расчета в [7]	Расчет по			
	[7]		[5]	
	Вид деформаций			
	$ \epsilon_{b, \max} $	$\epsilon_{s, \max}$	$ \epsilon_{b, \max} $	$\epsilon_{s, \max}$
14	0,00019	0,0004	0,0002	0,0004
15	0,0032	0,0014	0,0031	0,14
16	0,0034	0,0012	0,0031	0,0012

Таким образом, основной принцип расчетов по НДМ состоит в следующем. При выполнении условий равновесия (равенстве действующих и воспринимаемых усилий) прочность сечения проверяют сравнением максимальных расчетных значений относительных деформаций бетона и арматуры с предельными значениями.

В компьютерных программах Лира 10, Ing+, ЛИРА-САПР, SCAD (Арбат), STARK ES, используемых в проектировании, принят другой подход. Критериями прочности являются понятия, отсутствующие в СП [1]: коэффициент запаса, коэффициент использования, процент использования. Сечение считают прочным, если, в отличие от (2), каждое из действующих усилий не превышает соответствующего воспринимаемого усилия:

$$M_{x,d} \leq M_{x,b}, M_{y,d} \leq M_{y,b}, N_d \leq N_b. \quad (4)$$

При этом деформации вообще не рассматривают, поэтому сравнить их с целью проверки выполнения условий (3) не представляется возможным. Отсутствуют также неотъемлемые составляющие НДМ – диаграммы состояния бетона и арматуры.

Поэтому сравнение действующих и воспринимаемых усилий (4) ошибочно и прочности не обеспечивает. Для подтверждения приведем изложенное в комментариях к [8] мнение разработчика программы Ing+:

«На слайде хорошо видно, что предельные усилия N , M_y , M_z равны 1431,15; 1011,63 и 420,96 кНм. А ниже мы видим, что действующие усилия N , M_y , M_z существенно больше – 1500, 1060,29 и 441,21 кНм. И вердикт – прочность сечения не обеспечена!».

Таким образом, по мнению разработчика, при заданном армировании уменьшение действующих усилий ведет к возрастанию прочности сечения. Это

очень серьезное заблуждение. На рис. 3 представлен график из пособия к СНиП 2.03.01-84 [9]. По горизонтальной и вертикальной осям отложены соответственно относительные моменты и продольные силы. Кривые ограничивают области прочности при различном армировании. Как видно, в нижней части графика при фиксированном моменте уменьшение продольной силы требует увеличения армирования. Действительная ситуация прямо противоположна представлениям разработчика, заложенным в программу Ing+. Более подробно этот вопрос рассмотрен в видеоролике [10].

В правильных расчетах при сравнении усилий должно выполняться неравенство [4, (65)]:

$$M \leq \pm(R_b S_b - \Sigma \sigma_{si} S_{si}).$$

Для каждого из возможных видов напряженного состояния – одноосного и косоугольного изгиба, внецентренного сжатия, внецентренного растяжения – в [4] приведена методика определения значений входящих в формулу величин.

Используемый в программах подход противоречит сформулированному выше основному принципу НДМ и простому здравому смыслу: нельзя сравнивать величины, которые должны быть равны, и выяснять, какая из них больше. При этом уравнения равновесия, представляющие основной закон механики, не выполняются: они просто исчезают, превращаясь в условия прочности. При отсутствии уравнений равновесия становится ненужным использование диаграмм состояния бетона и арматуры – неотъемлемых составляющих НДМ. В подобных обстоятельствах получаемые результаты в подавляющем большинстве случаев оказываются ошибочными и правильными могут быть только случайно.

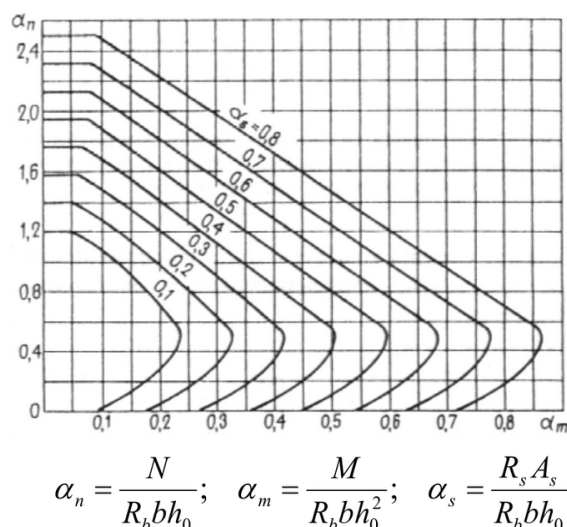


Рис. 3. Графики несущей способности внецентренно сжатых элементов прямоугольного сечения с симметричной арматурой [9, чертеж 35]

Fig. 3. Graphs of the bearing capacity of non-centrally compressed rectangular cross-section elements with symmetrical reinforcement [9, Drawing 35]

Укажем также, что, с точки зрения разработчиков, чем больше принятые критерии, тем больше запас и прочнее сечение. С этим нельзя согласиться. При увеличении критериев увеличивается степень невыполнения условий равновесия, вследствие чего возрастает вероятность получения полностью неприемлемых результатов.

Далее проанализируем методику, описанную разработчиками в документации к Лире 10. Для остальных рассматриваемых программ ради краткости приведем по одному ошибочному примеру.

Программа Лира 10. Рассмотрим цитату из руководства пользователя [11]:

«По нормам СНиП 2.03.01-84 положение нейтральной оси определяется из условий равенства внешней и внутренней нормальных сил и параллельности векторов внешних и внутренних моментов. Внутренний момент должен быть больше внешнего.»

По другим нормам положение нейтральной оси определяется из условия равенства внешних и внутренних нормальных сил и моментов согласно нелинейной деформационной теории. Максимальное сжатие в бетоне и растяжение в арматуре должны быть меньше соответствующих предельных значений.

Вычисление процента использования (%) по продольной силе (N) и изгибающим моментам (M) происходит следующим образом: по методике, изложенной в нормативных документах, определяются предельные усилия, воспринимаемые сечением с заданной продольной арматурой. Процент использования (%) вычисляется как отношение предельных и фактических усилий (N) и (M)».

Во втором абзаце цитаты, относящемся к НДМ, утверждается, что должны быть равны внешние (фактические) и внутренние (предельные) усилия, а в третьем абзаце предлагается вычислить отношение этих же усилий для оценки прочности. Налицо явное противоречие – при выполнении основного принципа НДМ отношение ВСЕГДА должно быть равно единице.

Согласно [1], вычислить воспринимаемые (предельные) усилия без действующих усилий невозможно. Воспринимаемые усилия – правые части уравнений равновесия (2) – получают автоматически после определения из уравнений равновесия значений кривизны $1/r_x$, $1/r_y$ и деформации ϵ_0 , так что воспринимаемые усилия ВСЕГДА равны действующим. В приведенной выше цитате записано, что предельные (воспринимаемые) усилия определяют «по методике, изложенной в нормативных документах». Однако никакой другой методики кроме решения системы уравнений равновесия в нормативных документах нет. Поэтому остается неясным, как разработчики Лир 10 вычисляют воспринимаемые усилия независимо от действующих усилий.

В [8] приведено полученное разработчиками Лир 10 решение примера 1, в котором непрочное

сечение считается прочным и недостаточное армирование может привести к аварии.

Аналогичные обстоятельства характерны и для рассмотренных ниже других программ.

Программа Ing+. В одной и той же точке сечения получены относительные деформации, отличающиеся в **56,8 раза** [12].

Программа ЛИРА-САПР. При одинаковых условиях расход арматуры, полученный в разных версиях программы, отличается в **5,2 раза** [13].

Программа SCAD (Арбат). Разработчики признают ошибочность результатов подбора армирования, однако никаких рекомендаций по исправлению ситуации не дают [14].

Программа STARK ES. При подборе армирования полученный расход арматуры **вдвое превышает требуемый** [8].

Из-за несоответствия алгоритмов программ нормам проектирования часть прокатываемой арматуры расходуется впустую. Ежегодный экономический ущерб только от перерасхода арматуры, возникающего при неправильных расчетах, составляет свыше 100 млрд руб. [15]. Также возможны аварии.

Вопросы для обсуждения

1. При сравнительно большой относительной высоте сжатой зоны бетона ξ результаты расчетов по НДМ значительно (количественно и качественно) отличаются от опытных данных и результатов по МПУ, что ведет к существенному неоправданному перерасходу арматуры и увеличению стоимости.

2. В компьютерных программах Лира 10, Ing+, ЛИРА-САПР, SCAD (Арбат), STARK ES при расчетах по НДМ приняты неправильные критерии прочности, что приводит к следующим ошибкам:

- сравниваются не расчетные относительные деформации бетона и арматуры с предельными значениями, как требует НДМ, а расчетные и предельные усилия, которые должны быть равны;
- сравнение расчетных и предельных усилий выполнено неправильно и не обеспечивает выполнения условий прочности;
- нарушается основной закон механики – не выполняются условия равновесия;
- не используются неотъемлемые составляющие НДМ – диаграммы состояния бетона и арматуры;
- алгоритмы программ не имеют ничего общего с НДМ в [1].

Поэтому в общем случае получаемые результаты ошибочны и могут привести к авариям или неоправданному перерасходу арматуры.

3. Целесообразно разработать документ для тестирования расчетов железобетонных конструкций на ЭВМ с набором эталонных примеров, сравнение с которыми позволит оценивать правильность расчетов по различным ЭВМ-программам и получать по ним одинаковые результаты при одинаковых исходных данных.

Широкое обсуждение сформулированных вопросов будет способствовать совершенствованию проектирования железобетонных конструкций, увеличению их экономичности и надежности. Ранее уже предлагалось провести аналогичное обсуждение [16]. Теперь, в связи с изложенными фактами, дискуссия представляется еще более актуальной и необходимой.

Список литературы

- СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Москва, 2018.
- Краковский М.Б., Тихонов И.Н. Реализация расчетов нормальных сечений железобетонных конструкций в программных комплексах // *Бетон и железобетон*. 2024. № 1 (620). С. 5–13. DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-1\(620\)-5-13](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-1(620)-5-13). EDN: KIRZSS.
- Гвоздев А.А. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций. Москва: Стройиздат, 1978.
- СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. Госстрой СССР. Москва, 1989.
- ЭВМ-программа «ОМ СНиП Железобетон» для расчета железобетонных конструкций по отечественным нормам. Режим доступа: <https://rutube.ru/video/d9198874a393cca32546401c9d1ac5fb/?ysclid=ml7s4tzjfx123388177>.
- Показательный пример: сравнение МПУ и НДМ. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=1HgChimxLAU>.
- Кодыш Э.Н., Трекин Н.Н., Федоров В.С., Терехов И.А. Железобетонные конструкции. В 2-х частях. Москва, 2022.
- Результаты тестирования программ расчетов железобетонных конструкций Рабочей группой РААСН. Режим доступа: https://thewikihow.com/video_GTVNZ7bAD4c.
- ЦНИИПромзданий Госстроя СССР, НИИЖБ Госстроя СССР. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84). Москва, 1986.
- Состояние и перспективы развития расчетов железобетонных конструкций в РФ. Режим доступа: https://thewikihow.com/video_o7EVPQ5XiCA.
- Лира 10.12. Руководство пользователя, 2021. Режим доступа: <https://lira-soft.com/download/manuals/?ysclid=mkp8resjaj131205688>.
- За 5 минут убедитесь в ошибочности программы Ing+. Режим доступа: <https://rutube.ru/video/f69c498016d7220933062967640d7d22/?ysclid=ml7sfc087n222213611>.
- Экономичное проектирование железобетонных зданий. Устранение ошибок программы Лира-САПР. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=VZn4LsITa9M>.
- Признания SCAD Soft: программы Арбат и SCAD ошибочны, пользователи дезинформированы. Режим доступа: <https://rutube.ru/video/56527a3e93fea729afaa63991ab95d69/?ysclid=ml7sk1a5mp457272299>.
- Краковский М.Б. Три возможности: как снизить металлоемкость железобетонных конструкций // *Строительная газета*. 2023. № 20. Режим доступа: <https://stroygaz.ru/publication/materials/tri-vozmozhnosti-kak-snizit-metalloemkost-zhelezobetonnykh-konstruktsiy/?ysclid=mk13gyggdw928736122>.
- Обращение к разработчикам программ расчетов железобетонных конструкций. Режим доступа: https://thewikihow.com/video_jofsT3ifeJE?ysclid=ml7smbfo8u576164690.

References

- SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. General provisions. Updated version of SNiP 52-01-2003. Moscow, 2018. (In Russian).
- Krakovsky M.B., Tikhonov I.N. Implementation of calculations of normal sections of reinforced concrete structures in software packages. *Beton i Zhelezobeton = Concrete and Reinforced Concrete*, 2024, no. 1 (620), pp. 5–13. (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-1\(620\)-5-13](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-1(620)-5-13). EDN: KIRZSS.
- Gvozdev A.A. New in the design of concrete and reinforced concrete structures. Moscow: Stroyizdat Publ., 1978. (In Russian).
- SNiP 2.03.01-84*. Concrete and reinforced concrete structures. Gosstroy USSR. Moscow, 1989. (In Russian).
- OM SNiP Reinforced Concrete program for calculating reinforced concrete structures according to domestic standards. Available at: <https://rutube.ru/video/d9198874a393cca32546401c9d1ac5fb/?ysclid=ml7s4tzjfx123388177>.
- An illustrative example: comparing UEM and NDM. <https://www.youtube.com/watch?v=1HgChimxLAU>.
- Kodysh E.N., Trekin N.N., Fedorov V.S., Terkhov I.A. Reinforced Concrete Structures. In 2 parts. Moscow, 2022. (In Russian).
- Results of testing of programs for calculating reinforced concrete structures by the RAASN Working Group. Available at: https://thewikihow.com/video_GTVNZ7bAD4c.
- TsNIIPromzdaniy of the USSR State Construction Committee, Research Institute of Reinforced Concrete of the USSR State Construction Committee. Guidelines for the Design of Concrete and Reinforced Concrete Structures Made of Heavy and Light Concretes without Pre-Tensioned Reinforcement (to SNiP 2.03.01-84). Moscow, 1986. (In Russian).
- The state and prospects of development of reinforced concrete structures in the Russian Federation.

Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=o-7EVPQ5XiCA>.

11. Lira 10.12. User Manual, 2021. Available at: <https://lira-soft.com/download/manuals/?ysclid=mkp8res-jaj131205688>.
12. In 5 minutes, make sure that the Ing+. program is wrong. Available at: <https://rutube.ru/video/f69c498016d7220933062967640d7d22/?ysclid=ml7s-fc087n222213611>.
13. Economical design of reinforced concrete buildings. Elimination of errors in the LIRA-CAD program. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=VZn4Lsl-Ta9M>.
14. SCAD Soft's Confessions: The Arbat and SCAD programs are flawed, and users are misinformed. Available at: <https://rutube.ru/video/56527a3e93fea729a-faa63991ab95d69/?ysclid=ml7sk1a5mp457272299>.
15. Krakovskiy M.B. Three Possibilities: How to Reduce the Metal Content of Reinforced Concrete Structures. *Stroitel'naya Gazeta*, 2023, no. 20. Available at: <https://stroygaz.ru/publication/materials/tri-voz-mozhnosti-kak-snizit-metalloemkost-zhelezobeton-nykh-konstruktsiy/?ysclid=mk13gyggdw928736122>. (In Russian).
16. Appeal to the developers of programs for calculating reinforced concrete structures. Available at: https://thewikihow.com/video_jofsT3ifeJE?ysclid=ml7smb-fo8u576164690.

Информация об авторах / Information about the authors

Михаил Борисович Краковский, д-р техн. наук, профессор, директор, ООО НПКТБ «ОПТИМИЗАЦИЯ», Москва

e-mail: mbkrakov@yandex.ru

Mikhail B. Krakovsky, Dr. Sci. (Engineering), Professor, Director, LLC NPKTB OPTIMIZATSIYA, Moscow

e-mail: mbkrakov@yandex.ru

Игорь Николаевич Тихонов✉, д-р техн. наук, профессор кафедры «Строительные сооружения, конструкции и материалы», АО «НИЦ «Строительство», Москва

e-mail: tikhonovniizhb21@yandex.ru

Igor N. Tikhonov✉, Dr. Sci. (Engineering), Professor of the Department of Building Structures, Constructions and Materials, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: tikhonovniizhb21@yandex.ru

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author