

М.Б. КРАКОВСКИЙ<sup>1</sup>, И.Н. ТИХОНОВ<sup>2,3,✉</sup><sup>1</sup> ООО НПКБТ «ОПТИМИЗАЦИЯ», ул. Дмитрия Ульянова, д. 24, кв. 331,  
г. Москва, 117036, Российская Федерация<sup>2</sup> АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6,  
г. Москва, 109428, Российская Федерация<sup>3</sup> Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт  
бетона и железобетона (НИИЖБ) им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»,  
2-я Институтская ул., д. 6, к. 5, г. Москва, 109428, Российская Федерация

# РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСАХ

## Аннотация

**Введение.** В предыдущих публикациях авторы рассмотрели особенности расчетов прочности нормальных сечений железобетонных конструкций, связанные с возможностью использования двух подходов – нелинейной деформационной модели (НДМ) и метода предельных усилий (МПУ). На конкретных примерах выполнено сравнение результатов, получаемых при обоих подходах. Выявлены случаи значительных расхождений в расходе подбираемой арматуры, объяснены тенденции, проанализирована физическая суть явления. Расчеты выполняли по программе ОМ СНИП Железобетон.

**Цель.** Проанализировать реализацию особенностей при использовании различных ЭВМ-программ расчетов железобетонных конструкций, выявить различия результатов, установить их физическую причину, оценить экономические аспекты и проблемы, дать необходимые рекомендации.

**Материалы и методы.** Исследования выполняли для трех типов конструкций. К первому типу относились четыре сечения элементов при двух напряженных состояниях: внецентренном сжатии (прямоугольное и кольцевое) и косом внецентренном сжатии (прямоугольное и двутавровое). Второй тип конструкций включал колонны и пилоны запроектированного и построенного железобетонного здания. Третьим типом был показательный пример – тавровое сечение изгибаемого элемента при разных действующих моментах и процентах армирования. Расчеты конструкций первого типа проводили авторы по программе ОМ СНИП Железобетон, а также разработчики программ Ing+, Арбат, Лира-САПР, Лира 10, STARK ES. Расчет конструкций второго типа проводили авторы по программе ОМ СНИП Железобетон и проектировщики по программе Лира-САПР 2022. Тестовый пример рассчитывали авторы по программе ОМ СНИП Железобетон.

**Результаты.** При расчетах по НДМ выявлен значительный неоправданный перерасход требуемой арматуры по сравнению с расчетом по МПУ. В показателем примере перерасход составляет 220 %.

**Выводы.** Общее состояние расчетов железобетонных конструкций следует признать требующим корректировки. Для получения многомиллиардного экономического эффекта предлагается предусмотреть в СП 63.13330.2018 два равноправных подхода к расчету нормальных сечений железобетонных конструкций – НДМ и МПУ. Целесообразно разработать документ с набором эталонных примеров, позволяющий 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, железобетонные здания, экономичное проектирование

**Для цитирования:** 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)

## Вклад автора

Авторы внесли равный вклад в постановку задачи, проведение исследований и оценку результатов.

## Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 01.03.2024

Поступила после рецензирования 20.03.2024

Принята к публикации 21.03.2024

M.B. KRAKOVSKY<sup>1</sup>, I.N. TIKHONOV<sup>2,3,✉</sup><sup>1</sup> LLC NPKTB OPTIMIZATSIYA, Dmitry Ulyanov str., 24, appt. 331,  
Moscow, 117036, Russian Federation<sup>2</sup> JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6,  
Moscow, 109428, Russian Federation<sup>3</sup> Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev,  
JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 5,  
Moscow, 109428, Russian Federation

# IMPLEMENTATION OF CALCULATIONS OF NORMAL SECTIONS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IN SOFTWARE PACKAGES

## Abstract

**Introduction.** In previous publications, the authors examined the features of calculating the strength of normal sections of reinforced concrete structures associated with the possibility of using two approaches – the nonlinear deformation model (NDM) and the method of limiting forces (MLF). Using specific examples, the results obtained with both approaches are compared. Cases of significant discrepancies in the consumption of selected reinforcement have been identified, trends have been explained, and the physical essence of the phenomenon has been analyzed. Calculations were performed according to the OM SNiP Reinforced Concrete program.

**Aim.** To analyze the implementation of features when using various computer programs for calculations of reinforced concrete structures, identify differences in results, establish their physical cause, evaluate economic aspects and problems, and make the necessary recommendations.

**Materials and methods.** The studies were performed for three types of structures. The first type included four sections of elements under two stress states: off-center compression (rectangular and annular) and oblique off-center compression (rectangular and I-beam). The second type of structures included columns and pylons of a projected and constructed reinforced concrete building. The third type was an illustrative example – the T-section of the bent element at different operating moments and percentages of reinforcement. Calculations of the first type of structures were carried out by the authors by the OM SNiP Reinforced Concrete program, as well as the program developers of the Ing+, Arbat, Lira-SAPR, Lira 10, STARK ES programs. The calculation of structures of the second type was carried out by the authors by the OM SNiP Reinforced Concrete program and the designers by the Lira-SAPR 2022 program. The test example was calculated by the authors according to the OM SNiP Reinforced Concrete program.

**Results.** When calculating according to the NDM, a significant unjustified overspending of the required reinforcement was revealed compared to the calculation according to the MLF. In an illustrative example, the overspend is 220 %.

**Conclusions.** The general state of calculations of reinforced concrete structures should be recognized as requiring adjustments. To obtain a multibillion-dollar economic effect, it is proposed to provide in SP 63.13330.2018 two equal approaches to the calculation of normal sections of reinforced concrete structures – NDM and MLF. It is advisable to develop a document with a set of reference examples that allows you to get 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, reinforced concrete buildings, economical design

**For citation:** 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)

## Author contribution statements

The authors made an equal contribution to the problem statement, research, and evaluation of results.

## Funding

No funding support was obtained for the research.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 01.03.2024

Revised 20.03.2024

Accepted 21.03.2024

В [1] рассмотрены особенности расчетов прочности нормальных сечений изгибаемых и внецентренно сжатых железобетонных конструкций, связанные с возможностью использования двух подходов – нелинейной деформационной модели (НДМ) и метода предельных усилий (МПУ). На конкретных примерах выполнено сравнение результатов, получаемых при обоих подходах. Выявлены случаи расхождений в расходе подбираемой арматуры, произведена оценка влияния расчетных предпосылок МПУ и НДМ на эти результаты. Расчеты выполняли по программе ОМ СНиП Железобетон. Аналогичная работа была выполнена в программе STARK ES в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко [2]. В данном случае подход НДМ показал результаты расчета, близкие к МПУ. Рекомендовано использовать МПУ более широко, чем указано в п. 6.2.2 [3].

В настоящей статье приводится сопоставление результатов расчетов в различных программах с использованием НДМ с расчетами по МПУ, выполненными в программе ОМ СНиП Железобетон. Рассмотрены тестовые примеры внецентренно сжатых элементов железобетонных конструкций, расчетов здания, а также показательный пример расчета нормального сечения изгибаемой тавровой балки с различным армированием по программе ОМ СНиП Железобетон с использованием МПУ и НДМ.

#### Тестовые примеры внецентренно сжатых элементов

В 2019 г., по решению научно-технического совета «Железобетонные конструкции. Методы расчета и проектирования» Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН), была создана рабочая группа для изучения результатов расчетов железобе-

тонных конструкций на ЭВМ по различным программным комплексам. В группу вошли представители разработчиков программ, наиболее широко используемых при проектировании: Ing+, SCAD (Арбат), Лира-САПР, Лира 10, STARK ES, ОМ СНиП Железобетон.

Для сравнения результатов участники рабочей группы просчитали тестовые примеры. Часть из них, содержащая нормальные сечения внецентренно сжатых элементов, представлена в табл. 1. Подробные данные об условиях и результатах расчетов приведены в [4].

В табл. 2 приведены результаты сопоставлений подбора арматуры при расчетах на основе МПУ (по общему случаю, использованному в программе ОМ СНиП Железобетон [5], и ручным расчетам) и НДМ (по каждой из рассматриваемых программ). В таблице представлены только те расчеты, в которых получены разные результаты по НДМ и МПУ. Столбцы таблицы, обозначенные цифрами в круглых скобках, включают следующие данные:

- (1) – номера примеров из табл. 1;
- (2), (3), (4) – действующие усилия;
- (5) – армирование по МПУ;
- (6) – армирование по НДМ;
- (7) – перерасход стали при армировании по НДМ по сравнению с МПУ.

В табл. 3 представлена сводная информация о перерасходе стали в рассмотренных программах при расчете по НДМ по сравнению с МПУ.

Как видно из табл. 2 и 3, в примерах расчета на внецентренное сжатие разница в расходе арматуры при использовании НДМ относительно МПУ достигает 23–49 %.

Таблица 1  
Table 1

Тестовые примеры, нормальные сечения  
Test examples, normal cross sections

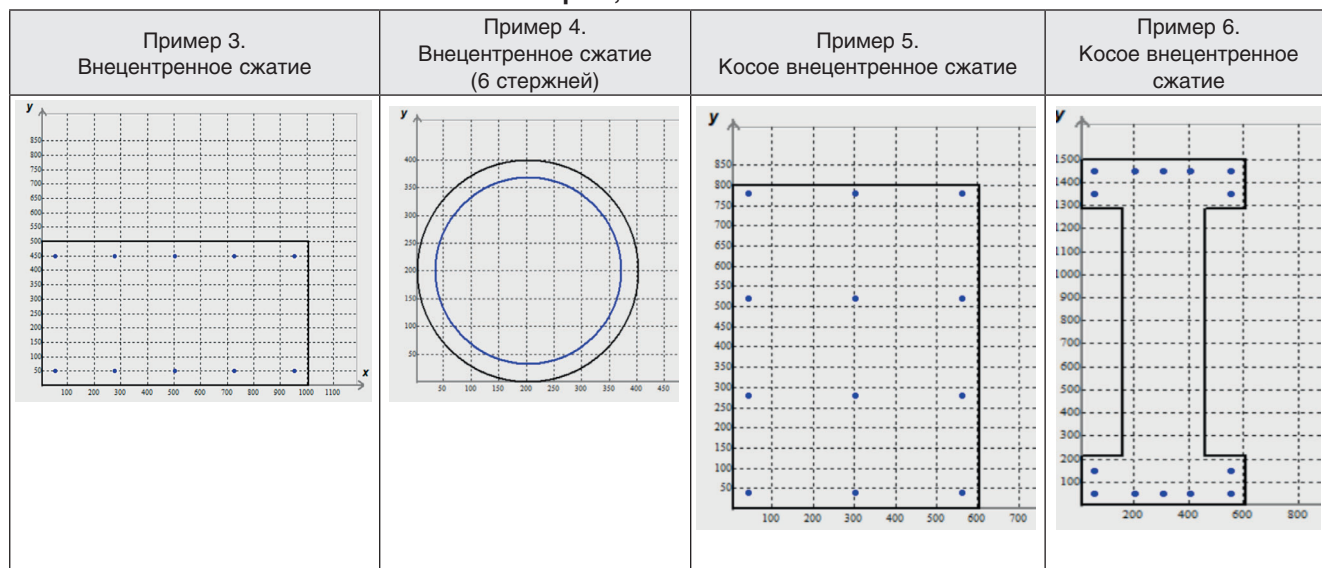


Таблица 2  
Table 2Условия и результаты расчетов тестовых примеров  
Conditions and results of calculations of test cases

№ примера	Усилия			Армирование по МПУ ОМ СНиП Железобетон	Решение по программам с использованием НДМ	
	$N$ , кН	$M_x$ , кНм	$M_y$ , кНм		армирование	перерасход относительно МПУ, %
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Программа Ли́ра 10						
4	550	–	120	6Ø18	6Ø22	49
5	1500	400	1000	12Ø25	12Ø28	25
Программа STARK ES						
4	550	–	120	6Ø18	6Ø22	49
5	1500	400	1000	12Ø25	12Ø28	25
6	2200	700	1100	14Ø32	14Ø36	27
Программы Арбат и Ing+						
4	550	–	120	6Ø18	6Ø22	49
5	1500	400	1000	12Ø25	12Ø28	25
6	2200	700	1100	14Ø32	14Ø36	27
Программа Ли́ра-САПР						
3	800	–	550	10Ø25	10Ø28	25
5	1500	400	1000	12Ø25	12Ø28	25
6	2200	700	1100	14Ø32	14Ø36	27
Программа ОМ СНиП Железобетон						
4	550	–	120	6Ø18	6Ø20	23

Таблица 3  
Table 3Перерасход стали при расчете по НДМ по сравнению с МПУ  
Steel overspending in NDM calculations compared to MPU

№ примера	Перерасход стали в программах, %					
	ОМ СНиП	Ли́ра 10	STARK ES	Ing+	Арбат	Ли́ра-САПР
3	0	0	0	0	0	25
4	23	49	49	49	49	0
5	0	25	25	25	25	25
6	0	0	27	27	27	27

## Железобетонное здание

Рассмотрим конкретный пример запроектированного и построенного 12-этажного жилого дома. В железобетонных конструкциях дома использована арматура класса А500, определение усилий и расчет армирования проводили по программе Ли́ра-САПР 2022.

Для оценки эффективности проектного армирования была выполнена следующая работа:

– Все необходимые данные автоматически передавали из программы Ли́ра-САПР в программу ОМ СНиП Железобетон. Расчетная схема показана на рис. 1.

– В программе ОМ СНиП Железобетон определяли наиболее невыгодные сочетания усилий и определяли армирование при арматуре класса А500 с использованием НДМ и МПУ.

– Сравнивали расходы стали в решениях по программам Ли́ра-САПР 2022 и ОМ СНиП Железобетон.

Приведем результаты для некоторых колонн и пилонов, армирование которых представлено в табл. 4. В табл. 5 показана разница в расходе металла в сжатых элементах, составляющая от 25 до 62 %, полученная в результате использования разных программ.

Приведенные примеры расчетов внецентренно сжатых железобетонных элементов по различным методикам, используемым в современных программных комплексах, убедительно показывают, что в настоящее время проектирование сжатых железобетонных конструкций производится со значительным различием в армировании.



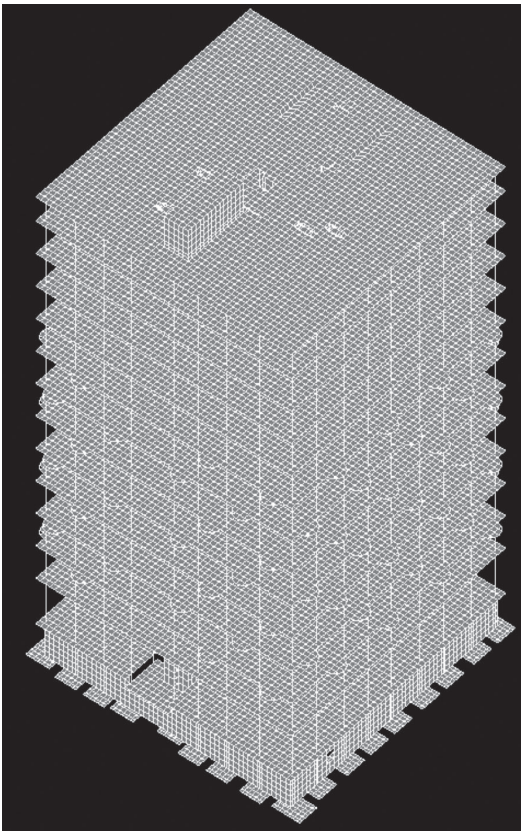


Рис. 1. Расчетная схема здания в программе OM СНиП Железобетон  
Fig. 1. The design scheme of the building in the OM SNiP Reinforced Concrete program

Таблица 4  
Table 4

Схемы армирования колонн и пилонов здания  
Reinforcement schemes for columns and pylons of a building

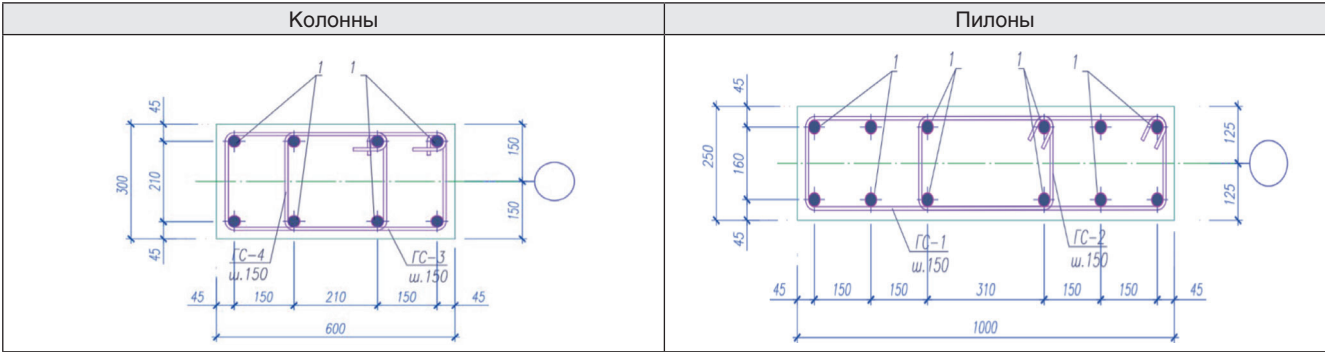


Таблица 5  
Table 5

Результаты расчетов колонн и пилонов здания  
The results of calculations of columns and pylons of the building

Конструкции		Отметка, м	Арматура поз. 1 А500 установленная	Арматура поз. 1 А500СП расчетная	Экономия, %
наименование	число				
Колонны Кн-1.1	16	-3,00	8Ø28	8Ø22	62
Пилоны Пн-1.1	14		12Ø28	12Ø22	62
Колонны Кс-2.2	12	+4,20	8Ø25	8Ø22	29
Пилоны Пс-2.1	19		12Ø28	12Ø25	25
Колонны Кс-2.4	10	+13,20	8Ø20	8Ø16	56
Пилоны Пс-2.3	5		12Ø22	12Ø18	49

### Показательный пример расчета изгибаемых железобетонных элементов

В качестве показательного примера, демонстрирующего результаты сопоставительных расчетов арматуры по НДМ по сравнению с МПУ, выбрано тавровое сечение изгибаемого элемента, показанное на рис. 2 [1]. Толщина полки равна 120 мм,  $a = 60$  мм, бетон класса В15. Арматура класса А500. Коэффициенты условий работы бетона  $\gamma_{b1} = 0,9$ ;  $\gamma_{b3} = \gamma_{b5} = 1$ . Влажность воздуха окружающей среды составляет 40–75 %. Диаграмма состояния бетона трехлинейная. Расчеты выполнены по программе ОМ СНиП Железобетон при различном армировании, а следовательно, несущей способности, характеризующей воспринимаемым изгибаемым элементом.

В феврале 2024 г. было проведено заседание научно-технического совета РААСН по железобетон-

ным конструкциям и методам расчета. Тема заседания «Надежность и экономичность расчетов железобетонных конструкций – метод предельных усилий и нелинейная деформационная модель». Все участники заседания заранее были ознакомлены с примером. Возражений и замечаний по условиям и результатам не поступало.

В табл. 6 приведены результаты расчетов.

Чтобы выяснить физическую сущность явления, обратимся к рис. 3. Как отмечено в [1], особенности напряженного состояния сечения изгибаемого элемента состоят в следующем. При расчете по МПУ эпюра напряжений в сжатой зоне бетона  $\sigma_{bm}$  прямоугольная, т. е. напряжения везде одинаковы и равны расчетному сопротивлению бетона. При расчете по НДМ напряжения в бетоне  $\sigma_{bn}$  зависят от диаграммы состояния «напряжения – деформации» и уменьшаются по мере приближения к границе сжатой зоны. При одинаковой величине действующего момента  $M_{ult}$  при расчете по НДМ по сравнению с расчетом по МПУ плечо внутренней пары сил уменьшается ( $z_n < z_m$ ), общее усилие в бетоне и арматуре увеличивается ( $N_{bn} = N_{sn} > N_{bm} = N_{sm}$ ), площадь сечения растянутой арматуры возрастает ( $A_n > A_m$ ).

На рис. 4 приведены эпюры деформаций бетона ( $\varepsilon_b$ ) и арматуры ( $\varepsilon_s$ ) в зависимости от предельных моментов, незначительно увеличивающихся (до 6 %) после достижения предельных деформаций в бетоне и в соответствии с принятой в НДМ гипотезой плоских сечений. Как видно (рис. 3, 4), при больших максимальных (близких к предельным значениям) деформациях в сжатой зоне бетона деформации арматуры оказываются тем меньше, чем больше высота сжатой зоны бетона. **Поскольку деформации и соответственно напряжения в арматуре малы, необходима большая площадь сечения арматуры, чтобы уравновесить увеличиваемое значение суммарного усилия в бетоне.**

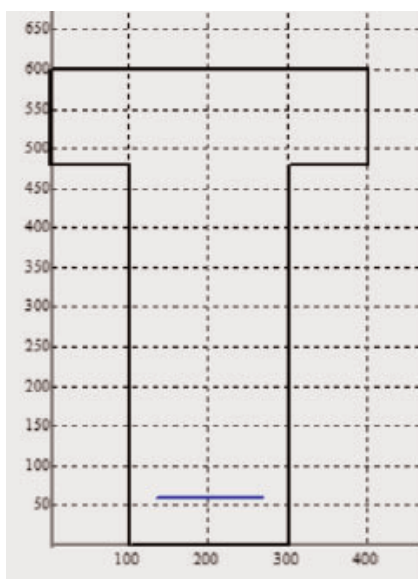


Рис. 2. Показательный пример. Тавровое сечение, изгиб  
Fig. 2. An illustrative example. T-section, bend

Таблица 6  
Table 6

Характеристики напряженного состояния сечения  
Characteristics of the stress state of the section

№ расчета	Момент, $M_{ult}$ , кНм	Решение МПУ		Решение НДМ				Перерасход НДМ, %
		Армирование	$\xi_m$	Армирование	$\xi_n$	$\varepsilon_b$	$\varepsilon_s$	
1	98,7	4Ø12	0,12	4Ø12	0,13	0,0025	0,0165	0
2	204,5	4Ø18	0,31	4Ø18	0,38	0,0044	0,0072	0
3	220,0	4Ø20	0,43	4Ø20	0,61	0,0031	0,0020	0
4	225,0	4Ø20	0,43	4Ø20	0,61	0,0032	0,0021	0
5	239,8	4Ø20	0,43	4Ø22	0,65	0,0035	0,0019	21
6	269,5	4Ø22	0,57	4Ø25	0,74	0,0048	0,0017	29
7	270,5	4Ø22	0,57	4Ø28	0,76	0,0045	0,0014	62
8	272,0	4Ø22	0,57	4Ø28	0,77	0,0047	0,0014	62
9	275,0	4Ø22	0,57	4Ø32	0,81	0,0048	0,0011	111
10	280,0	4Ø22	0,57	4Ø36	0,84	0,0047	0,0009	168
11	284,2	4Ø25	0,65	5Ø40	0,88	0,0047	0,0006	220
12	285,0	4Ø28	0,67	6Ø40	0,90	0,0047	0,0005	206

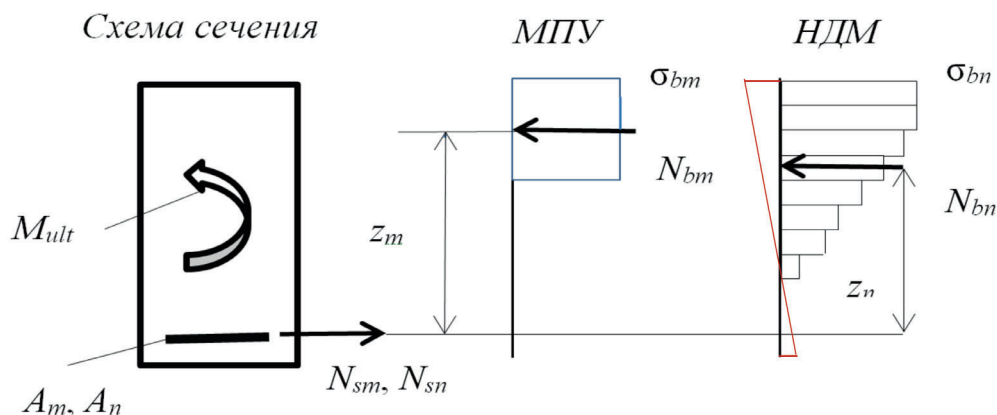


Рис. 3. Напряженное состояние сечения изгибаемого элемента:

а – схема сечения; б, в – усилия и напряжения при расчетах соответственно по МПУ (индекс  $m$ ) и НДМ (индекс  $n$ );  $\sigma_{bm}, \sigma_{bn}$  – напряжения в сжатой зоне бетона;  $N_{bm}, N_{bn}$  – усилия в сжатой зоне бетона;  $N_{sm}, N_{sn}$  – усилия в арматуре;  $A_m, A_n$  – площади сечения арматуры; — эпюра деформаций

Fig. 3. Stress state of the section of the bent element:

а – section diagram; б, в – forces and stresses in calculations according to MLF (index  $m$ ) and NDM (index  $n$ ), respectively;  $\sigma_{bm}, \sigma_{bn}$  – stresses in the compressed zone of concrete;  $N_{bm}, N_{bn}$  – forces in the compressed zone of concrete;  $N_{sm}, N_{sn}$  – forces in the reinforcement;  $A_m, A_n$  – cross-sectional areas of the reinforcement; — deformation diagram

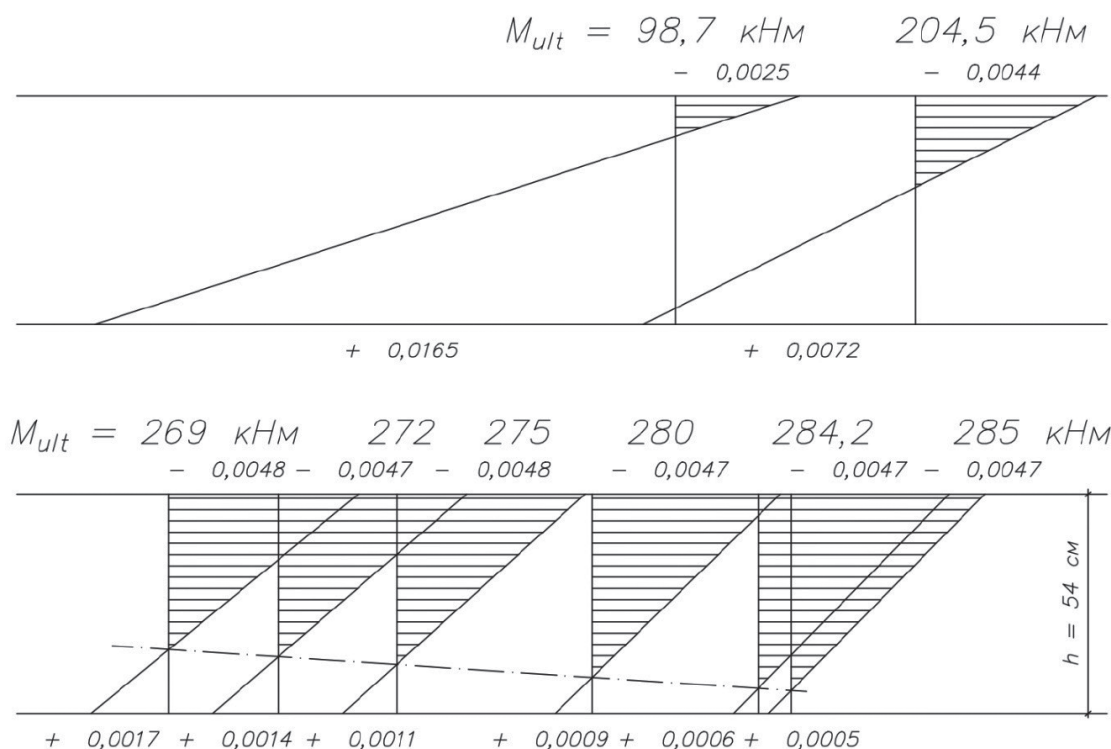
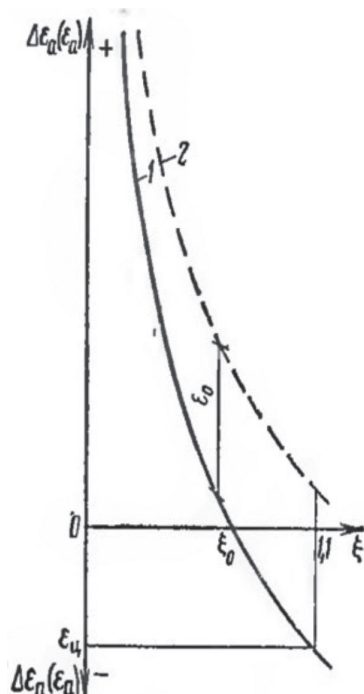


Рис. 4. Эпюры деформаций бетона и арматуры по НДМ при разных значениях  $M_{ult}$  нормальных сечений примера на рис. 2

Fig. 4. Diagrams of deformations of concrete and reinforcement according to NDM at different  $M_{ult}$  values of normal cross sections of the example in Fig. 2



**Рис. 5 (Рис. 6 [3]).** Зависимости приращения деформации арматуры  $\Delta \varepsilon_a$  (1) и полных деформаций  $\varepsilon_a$  (2) при предварительном напряжении арматуры  $\varepsilon_0$  от высоты сжатой зоны  $\xi$   
**Fig. 5 (Fig. 6 [3]).** The dependences of the increment of the deformation of the reinforcement  $\Delta \varepsilon_a$  (1) and the total deformations  $\varepsilon_a$  (2) at the preliminary stress of the reinforcement  $\varepsilon_0$  on the height of the compressed zone  $\xi$

В МПУ гипотезу плоских сечений не используют. В [6] приведена показанная на рис. 5 нелинейная связь между приращением деформации арматуры в предельном состоянии и высотой сжатой зоны бетона. Эта связь является основой построения расчета нормальных сечений в МПУ. Она получена с учетом множества экспериментальных данных и гораздо более адекватно, по сравнению с гипотезой плоских сечений, отражает действительное напряженное состояние сечения.

При расчетах по МПУ невозможно описанное выше значительное увеличение армирования при небольшом увеличении действующего момента (табл. 6).

#### Экономический ущерб

Выше показано, что перерасход арматуры в рассмотренных конструкциях был следующим:

- тестовые примеры: 23–49 %;
- железобетонное здание: 25–62 %;
- показательный пример: 0–220 %.

Необходимы срочные меры для оценки и исправления сложившейся ситуации в расчетах железобетонных конструкций.

#### Предложения по изменению положений СП 63.13330.2018 [3]

Для устранения обнаруженных недостатков представляется целесообразным внести следующие изменения в СП 63.13330.2018 [3]:

1. Предусмотреть два равноправных подхода к расчету нормальных сечений железобетонных конструкций – НДМ и МПУ. Для этого второй абзац п. 8.1.1 изложить в следующей редакции: «Расчет по прочности нормальных сечений железобетонных элементов следует производить на основе нелинейной деформационной модели согласно пп. 8.1.20–8.1.30, а также на основе предельных усилий согласно пп. 8.1.4–8.1.16». Абзацы 3 и 4 п. 8.1.1 исключить.

2. В пунктах 8.1.4–8.1.16 изложить общий случай расчета нормальных сечений по МПУ согласно п. 3.28 [5].

#### Выводы

1. Общее состояние расчетов железобетонных конструкций следует признать требующим корректировки.

2. При расчетах по НДМ выявлен значительный неоправданный перерасход требуемой арматуры по сравнению с расчетом по МПУ. В показательном примере перерасход составляет 220 %.

3. Наиболее экономичным при статическом нагружении проектное решение армирования нормальных сечений железобетонных элементов, рассчитанных по МПУ, будет при одновременном достижении в бетоне  $R_{bc}$  и арматуре  $R_s$ , то есть при граничной относительной высоте сжатой зоны бетона  $\xi_R$  [3]. В этом случае количество арматуры, необходимой для выполнения условий, принятых в НДМ, может быть значительно увеличено относительно расчетной по МПУ.

4. Выбор метода расчета (МПУ или НДМ) следует проводить с учетом получения минимального армирования при выполнении всех нормативных требований, что позволит уменьшить экономические многомиллиардные потери при проектировании и строительстве.

5. 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.

#### Список литературы

1. Краковский М.Б., Тихонов И.Н. Особенности расчетов нормальных сечений железобетонных конструкций по СП 63.13330.2018 // *Бетон и железобетон*. 2023. № 4 (618). С. 5–11.
2. Симбиркин В.Н., Матковский В.В. К расчету напряженно-деформированного состояния и прочности элементов железобетонных конструкций по нормальным сечениям // *Строительная механика и расчет сооружений*. 2010. № 4. С. 20–26.
3. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Москва: Стройинформ; 2019.



4. Краковский М.Б. Результаты тестирования программ расчета железобетонных конструкций Рабочей группой РААСН. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=GTVNZ7bAD4c>

5. Бетонные и железобетонные конструкции СНиП 2.03.01-84\*. Москва: Госстрой СССР; 1989.

6. Гвоздев А.А., Дмитриев С.А., Гуца Ю.П. и др. Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций. Москва: Стройиздат; 1978.

#### References

1. Krakovsky M.B., Tikhonov I.N. Features of calculations of normal cross sections of reinforced concrete structures according to SP 63.13330.2018. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2023, no. 4 (618), pp. 5–11. (In Russian).

2. Simbirkin V.N., Matkovsky V.V. On the calculation of the stress-strain state and strength of elements of reinforced concrete structures in normal sections. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii* [Structural Mechanics and Analysis of Constructions]. 2010, no. 4, pp. 20–26. (In Russian).

3. SP 63.13330.2018. Concrete and reinforced concrete structures. General provisions. Moscow: Stroyinform; 2019. (In Russian).

4. Krakovsky M.B. The results testing of programs for the calculation of reinforced concrete structures by the RAACS Working Group. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=GTVNZ7bAD4c>

5. Concrete and reinforced concrete structures SNiP 2.03.01-84\*. Moscow: Gosstroy of the USSR; 1989. (In Russian).

6. Gvozdev A.A., Dmitriev S.A., Gushcha Yu.P. and others. New in the design of concrete and reinforced concrete structures. Moscow: Stroyizdat Publ.; 1978. (In Russian).

#### 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»; руководитель центра № 21 НИИЖБ им. А.А. Гвоздева 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; Head of the Center No. 21, Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: tikhonovniizhb21@yandex.ru

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author



### Вышло в свет учебное пособие «Долговечность бетона».

*Автор пособия – заведующий лабораторией коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», доктор технических наук, профессор, академик Российской инженерной академии, Почетный строитель России и г. Москвы, дважды лауреат премии Правительства РФ*  
**Валентина Федоровна Степанова.**

*В пособии приведена теория коррозии бетона и металла, рассматривается правильный подход к выбору строительных материалов, приготовлению бетона и железобетона, обеспечивающих требуемую долговечность конструкций. Даны основные признаки коррозии бетона в жидких агрессивных средах, механизм коррозии арматуры. Показаны способы повышения коррозионной стойкости бетона и обеспечения сохранности арматуры на стадии проектирования состава бетона в процессе приготовления и эксплуатации конструкций. Приведены математические модели коррозии бетона, позволяющие совершенствовать технологию получения бетонов повышенной долговечности.*

*Пособие ориентировано на студентов, обучающихся по направлению «Строительство», а также будет полезно всем специалистам, занимающимся изучением бетона и железобетона.*