

М.Б. КРАКОВСКИЙ<sup>1,✉</sup>, И.Н. ТИХОНОВ<sup>2,3</sup>, Г.И. ТИХОНОВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ООО НПКТБ «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

# ЭКОНОМИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НОВЫХ ВИДОВ АРМАТУРЫ И РАСЧЕТАХ В ПРОГРАММЕ «ОМ СНИП ЖЕЛЕЗОБЕТОН»

## Аннотация

**Введение.** Представлены методика и результаты исследований эффективности применения в железобетонных конструкциях новой арматуры с многорядным профилем классов: А500СП и А600СП (шестирядный), А500СП (четырёхрядный). Основное внимание уделено второму предельному состоянию – расчету трещиностойкости. На конкретных числовых примерах выполнено сравнение результатов, получаемых при использовании арматуры с многорядным профилем классов А500СП и А600СП, А500СП и класса А500 с двухрядным серповидным профилем. Выявлены возможности существенного снижения расхода в случае применения многорядной арматуры. Расчеты выполнялись в ЭВМ-программе «ОМ СНИП Железобетон».

**Цель.** Выявить преимущества использования при проектировании железобетонных конструкций арматуры классов А500СП, А500СП, А600СП с новым многорядным профилем. Показать возможности практической реализации преимуществ при расчетах в программе «ОМ СНИП Железобетон».

**Материалы и методы.** Исследования проводили для двух типов конструкций. К первому типу относились восемь сечений элементов, работающих на изгиб, косой изгиб, внецентренное сжатие, косое внецентренное сжатие. В указанных сечениях выполнен подбор арматуры классов А500 и А500СП (А500СП) для обеспечения нормативных требований по трещиностойкости. Ко второму типу относилось железобетонное перекрытие здания. В расчетах учитывались требования прочности и трещиностойкости. Выполнялись два вида расчетов: определяли усилия и подбирали арматуру А500 по программе ЛИРА-САПР; подбирали арматуру А500СП (А500СП) по программе «ОМ СНИП Железобетон» на усилия, полученные в программе ЛИРА-САПР.

**Результаты.** Использование арматуры классов А500СП, А500СП, А600СП с новым многорядным профилем позволяет получить экономию металла до 25 %, по сравнению с применяемыми в настоящее время классами А500, А600С с двухрядным серповидным профилем.

**Выводы.** Арматура классов А500СП, А500СП, А600СП рекомендуется для широкого внедрения с использованием при проектировании программы «ОМ СНИП Железобетон».

**Ключевые слова:** железобетонные конструкции, расчет, трещиностойкость, арматура А500, арматура А500СП, арматура А500СП, арматура А600СП, нелинейная деформационная модель, экономия металла

**Для цитирования:** Краковский М.Б., Тихонов И.Н., Тихонов Г.И. Экономия металла при использовании новых видов арматуры и расчетах в программе «ОМ СНИП Железобетон» // *Бетон и железобетон*. 2024. № 2 (621). С. 27–32. DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-2\(621\)-27-32](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-2(621)-27-32)

## Вклад авторов

Авторы внесли равноценный вклад в подготовку публикации.

## Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 20.05.2024

Поступила после рецензирования 02.06.2024

Принята к публикации 06.06.2024

M.B. KRAKOVSKY<sup>1,✉</sup>, I.N. TIKHONOV<sup>2,3</sup>, G.I. TIKHONOV<sup>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

# SAVING OF METAL WHEN USING NEW TYPES OF REINFORCEMENT AND CALCULATIONS USING THE COMPUTER PROGRAM "OM SNIIP REINFORCED CONCRETE"

## Abstract

**Introduction.** The methodology and results of research on the effectiveness of the use of new reinforcement in reinforced concrete structures with a multi-row profile of classes: A500SP and A600SP (six-row), Au500SP (four-row). The main attention is paid to the second limit state – the calculation of crack resistance. Using specific numerical examples, the results obtained when using reinforcement with a multi-row profile of classes A500SP and A600SP, Au500SP and class A500 with a double-row crescent profile are compared. The possibilities of a significant reduction in consumption in the case of multi-row fittings have been identified. Calculations were performed in the computer program "OM SNIIP Reinforced Concrete".

**Aim.** To identify the advantages of using A500SP, A500SP, A600SP reinforcement with a new multi-row profile in the design of reinforced concrete structures. To show the possibilities of practical realization of advantages in the calculations of the HPE program "OM SNIIP Reinforced Concrete".

**Materials and methods.** The studies were carried out for two types of structures. The first type included eight sections of elements working on bending, oblique bending, off-center compression, oblique off-center compression. In these sections, reinforcement of A500 and A500SP (Au500SP) classes were selected to ensure regulatory requirements for crack resistance. The second type was the reinforced concrete floor of the building. The calculations took into account the requirements of strength and crack resistance. Two types of calculations were performed: efforts were determined and A500 fittings were selected according to the LIRA-SAPR program"; rebar A500SP (Au500SP) was selected according to the "OM SNIIP Reinforced Concrete program for the efforts received in the LIRA-SAPR program.

**Results.** The use of reinforcement of the A500SP, A500SP, A600SP classes with a new multi-row profile allows for metal savings of up to 25 %, compared with the currently used A500, A600C classes with a double-row crescent profile.

**Conclusions.** Reinforcement rods of A500SP, Au500SP, A600SP classes are recommended for wide implementation using the OM SNIIP Reinforced Concrete program in the design.

**Keywords:** reinforced concrete structures, calculation, crack resistance, A500 reinforcement, A500SP reinforcement, Au500SP reinforcement, A600SP reinforcement, nonlinear deformation model, metal economy

**For citation:** Krakovsky M.B., Tikhonov I.N., Tikhonov G.I. Saving of metal when using new types of reinforcement and calculations using the computer program "OM SNIIP Reinforced Concrete". *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2024, no. 2 (621), pp. 27–32. (In Russian). DOI: [https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-2\(621\)-27-32](https://doi.org/10.37538/0005-9889-2024-2(621)-27-32)

## Authors contribution statement

All authors made equal contribution to the study and the publication.

## Funding

No funding support was obtained for the research.

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 20.05.2024

Revised 02.06.2024

Accepted 06.06.2024

Рассмотрены конструкции без предварительного напряжения арматуры, армированные стальными классами А500СП, Ау500СП, А600СП с новым многорядным профилем и А500 с двухрядным серповидным профилем [1]. Основное внимание уделено расчету трещиностойкости.

В статье представлены методика и результаты исследований эффективности применения железобетонных конструкций, проектируемых по стандарту организации [2].

Согласно СП 63.13330.2018 [3], ширину раскрытия нормальных трещин выполняют по формуле (8.1.28)

$$a_{cr} = \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 \Psi_s \frac{\sigma_s}{E_s} l_s,$$

где  $\sigma_s$  – напряжение в продольной растянутой арматуре в сечении с трещиной;

$E_s$  – модуль упругости арматуры;

$l_s$  – базовое расстояние между смежными нормальными трещинами;

$\Psi_s$  – коэффициент, учитывающий влияние неравномерного распределения относительной деформации арматуры между трещинами;

$\varphi_1$  – коэффициент, учитывающий продолжительность действия нагрузки;

$\varphi_2$  – коэффициент, учитывающий вид и влияние периодического профиля арматуры;

$\varphi_3$  – коэффициент, учитывающий характер приложения нагрузки.

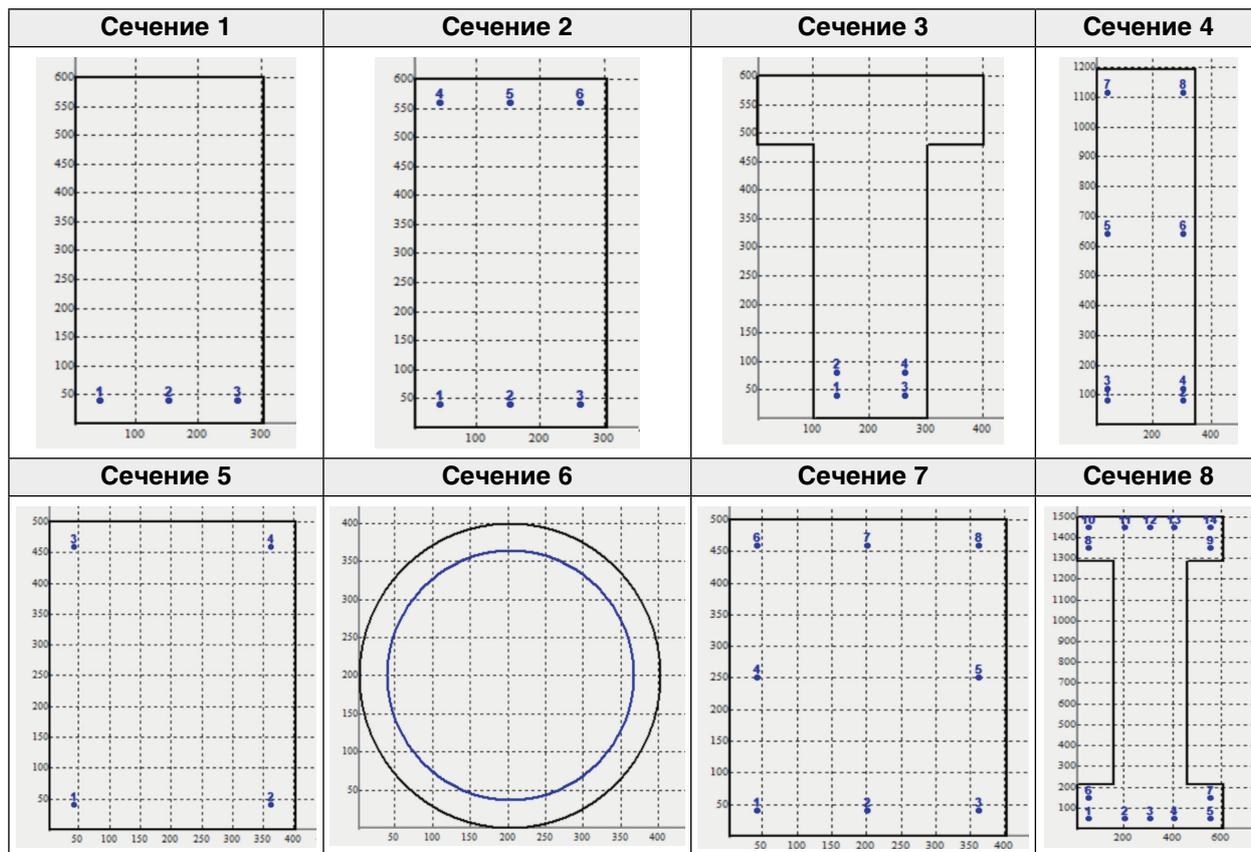
Значения величин, входящих в формулу (8.1.28), принимают в основном по [3]. В расчетах по [2] меняют только коэффициент  $\varphi_2$ , принимая его равным 0,4 вместо 0,5. Это изменение обусловлено более эффективным сцеплением с бетоном арматуры классов А500СП, Ау500СП, А600СП, по сравнению с арматурой периодического профиля других классов.

Исследования выполняли следующим образом. По программе «ОМ СНИП Железобетон» на основе нелинейной деформационной модели подбирали армирование в отдельных сечениях (с учетом требований трещиностойкости) и в перекрытии здания (с учетом требований прочности и трещиностойкости). Для конкретности во всех случаях сравнивали расход стали при использовании арматуры классов А500 [3] и А500СП (Ау500СП) [2].

**Отдельные сечения**

Отдельные сечения (форма и расположение арматуры) показаны на рис. 1. При подборе диаметров арматурных стержней обеспечивались сохранность арматуры по требованиям к ширине раскрытия трещин (п. 8.2.6), трехлинейная диаграмма состояния бетона (п. 6.1.19), влажность окружающей среды 40–75 % (п. 8.1.19) [3].

Всего выполнено 8 расчетов, условия которых приведены ниже. Классы бетона в расчетах 1–4 и 5–8 приняты соответственно В15 и В30. Если не указано иначе, то все стержни в сечении имеют одинаковый



**Рис. 1. Отдельные сечения. Форма и расположение арматуры**  
**Fig. 1. Individual sections. The shape and location of the reinforcement**

диаметр. Минимальный диаметр подбираемого арматурного стержня принят равным 10 мм.

**Расчет 1.** Сечение 1 изгибаемого элемента. Изгибающие моменты от постоянных и длительных нагрузок, а также от всех нагрузок равны соответственно 120 и 170 кНм. Арматурные стержни разделены на 2 группы. К группам 1 и 2 относятся соответственно стержни с номерами 1, 3 и 2. Здесь и далее принято, что диаметры стержней одной группы одинаковы, диаметры стержней разных групп в общем случае разные.

**Расчет 2.** Сечение 2 изгибаемого элемента с симметричным армированием. Арматурные стержни разделены на 2 группы. К группам 1 и 2 относятся соответственно стержни с номерами 1, 3, 4, 6 и 2, 5. Остальные условия такие же, как в расчете 1.

**Расчет 3.** Сечение 3 изгибаемого элемента. Изгибающие моменты от постоянных и длительных нагрузок, а также от всех нагрузок равны соответственно 180 и 270 кНм.

**Расчет 4.** Сечение 4 косоизгибаемого элемента. Изгибающие моменты  $M_x$  и  $M_y$  действуют в плоскостях соответственно  $XOZ$  и  $YOZ$ . Значения моментов: от постоянных и длительных нагрузок  $M_x = 80$  кНм и  $M_y = 100$  кНм; от всех нагрузок  $M_x = 100$  кНм и  $M_y = 190$  кНм. Арматурные стержни разделены на 2 группы. К группам 1 и 2 относятся соответственно стержни с номерами 1, 2, 7, 8 и 3, 4, 5, 6.

**Расчет 5.** Сечение 5 внецентренно сжатого элемента. Продольные силы и изгибающие моменты: от постоянных и длительных нагрузок 1100 кН, 270 кНм; от всех нагрузок 1500 кН, 380 кНм.

**Расчет 6.** Сечение 6 внецентренно сжатого элемента. Продольные силы и изгибающие моменты: от постоянных и длительных нагрузок 400 кН, 100 кНм; от всех нагрузок 600 кН, 140 кНм. Число стержней на окружности их расположения равно 8.

**Расчет 7.** Сечение 7 косо внецентренно сжатого элемента. Продольные силы и изгибающие моменты: от постоянных и длительных нагрузок  $N = 1150$  кН,  $M_x = 110$  кНм,  $M_y = 250$  кНм; от всех нагрузок  $N = 1500$  кН,  $M_x = 140$  кНм,  $M_y = 320$  кНм.

**Расчет 8.** Сечение 8 косо внецентренно сжатого элемента. Продольные силы и изгибающие моменты: от постоянных и длительных нагрузок  $N = 2000$  кН,  $M_x = 650$  кНм,  $M_y = 2000$  кНм; от всех нагрузок  $N = 2500$  кН,  $M_x = 825$  кНм,  $M_y = 3700$  кНм.

Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Как видно (последний столбец табл. 1), при использовании арматуры класса А500СП (Ау500СП) экономия металла, по сравнению с арматурой А500, составляет от 17,4 до 23,4 %.

### Перекрытие здания

В [4] рассмотрено запроектированное и построенное 12-этажное жилое здание. В железобетонных конструкциях здания использована арматура А500 [3]. Определение усилий и расчет армирования проводили по программе ЛИРА-САПР 2022.

Оценку эффективности проектного армирования проводили следующим образом:

– Все необходимые данные автоматически передавали из программы ЛИРА-САПР в программу «ОМ СНиП Железобетон». Расчетная схема показана на рис. 2.

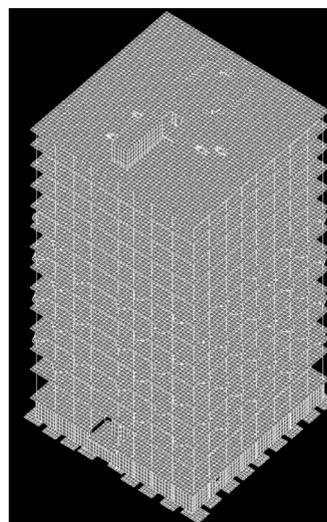


Рис. 2. Расчетная схема здания в программе «ОМ СНиП Железобетон»

Fig. 2. The design scheme of the building in the “OM SNiP Reinforced Concrete” program

Таблица 1  
Table 1

### Результаты расчетов Calculation results

№ расчета	Армирование при арматуре класса				Экономия, %, при арматуре А500СП (Ау500СП)
	А500 [3]		А500СП (Ау500СП) [2]		
	Диаметры, мм	Площадь сечения, см <sup>2</sup>	Диаметры, мм	Площадь сечения, см <sup>2</sup>	
1	2 Ø 20 + 1 Ø 22	10,1	2 Ø 18 + 1 Ø 20	8,2	18,9
2	4 Ø 22 + 2 Ø 14	18,3	4 Ø 20 + 2 Ø 12	14,8	19,1
3	4 Ø 25	19,6	4 Ø 22	15,2	22,4
4	8 Ø 18	20,4	4 Ø 18 + 4 Ø 14	16,3	20,1
5	4 Ø 28	24,6	4 Ø 25	19,6	20,3
6	8 Ø 22	30,4	8 Ø 20	25,1	17,4
7	8 Ø 18	20,4	8 Ø 16	16,1	21,1
8	14 Ø 32	112,6	14 Ø 28	86,2	23,4

– В программе «ОМ СНИП Железобетон» определяли наиболее невыгодные сочетания усилий и определяли армирование при арматуре класса А500СП (Ау500СП) с учетом положений [2].

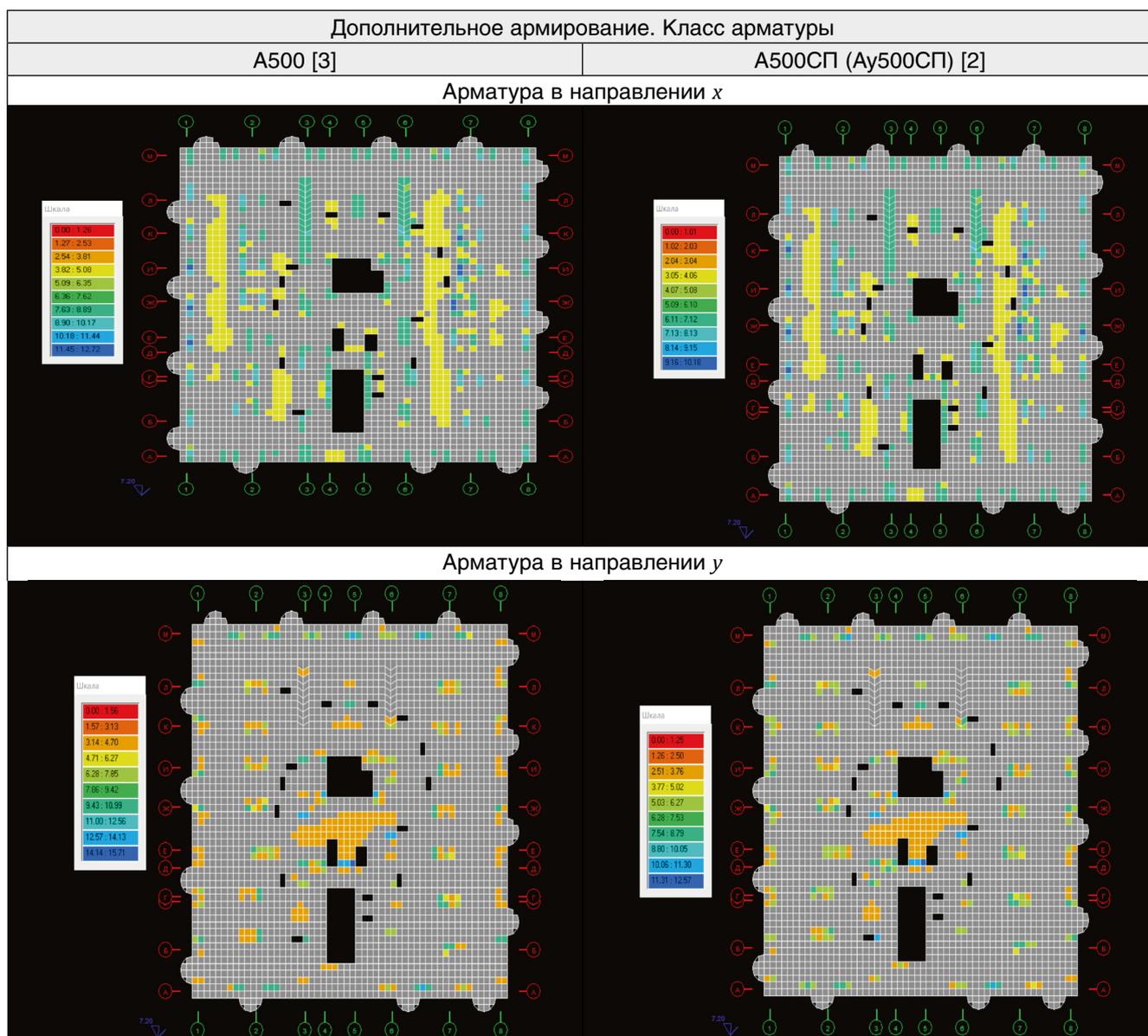
– Сравнивали расходы стали в решениях по программам ЛИРА-САПР и «ОМ СНИП Железобетон».

Рассчитывали перекрытие на отметке +7,20 – железобетонную плиту толщиной 180 мм из бетона класса В22.5. Шаг стержней – верхних, нижних, в направлениях х и у – принят равным 200 и 250 мм для арматуры соответственно А500 и А500СП. Решающими условиями при подборе армирования были требования трещиностойкости [2, 3].

Фоновое армирование во всех случаях принято из стержней диаметром 10 мм соответствующего класса. На рис. 3 для примера показана мозаика армирования верхней арматурой в направлениях х и у.

Рассмотрим мозаику в направлении х. На первый взгляд, армирование для классов А500 и А500СП одинаково. Однако нужно обратить внимание на шкалы армирования, в которых каждому цвету соответствует площадь сечения арматуры на 1 п. м. Например, на мозаике А500 для арматуры в направлении х желтому цвету соответствует диапазон площадей 3,82–5,08 см<sup>2</sup>. При шаге 200 мм это 5 стержней диаметром 10 мм. На мозаике А500СП (Ау500СП) желтому цвету соответствует диапазон площадей 3,05–4,06 см<sup>2</sup>. При шаге 250 мм это 4 стержня диаметром 10 мм. Экономия, по сравнению с А500, составляет 25 %.

Общий расход стали на перекрытие при арматуре А500 и А500СП (Ау500СП) составляет соответственно 5,7 и 4,6 т. Экономия при использовании арматуры А500СП (Ав500П) равна 24 %.



**Рис. 3.** Мозаика дополнительного армирования верхней арматурой  
**Fig. 3.** Mosaic of additional reinforcement with upper reinforcement

**Выводы**

1. Применение в железобетонных конструкциях арматуры с новым многорядным профилем классов А500СП, Ау500СП, А600СП позволяет снизить расход стали до 25 % при выполнении всех требований действующих нормативных документов [2, 3].

2. Арматура классов А500СП, Ау500СП, А600СП рекомендуется для широкого внедрения. Ее эффективное использование при проектировании предусмотрено программой «ОМ СНИП Железобетон».

**Список литературы**

1. Тихонов И.Н., Копылов И.В. Эффективность производства и применения арматурного проката с новыми видами периодического профиля // *Строительные материалы*. 2021. № 12. С. 35–44.

2. СТО 36554501-065-2020\*. Применение арматуры классов А500СП, Ау500СП и А600СП в железобетонных конструкциях. Москва: АО «НИЦ «Строительство», 2021.

3. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Москва: Стройинформ, 2019.

4. Краковский М.Б., Тихонов И.Н. Реализация расчетов нормальных сечений железобетонных конструкций в программных комплексах // *Бетон и железобетон*. 2024. № 1. С. 5–13.

**References**

1. Tikhonov I.N., Kopylov I.V. Efficiency of production and application of rebar rolled products with new types of periodic profile. *Stroitel'nye Materialy = Construction Materials*. 2021, no. 12, pp. 35–47. (In Russian).

2. STO 36554501-065-2020\*. Application of reinforcement of A500SP, Au500SP & A600SP classes in reinforced concrete structures. Moscow: JSC Research Center of Construction Publ., 2021. (In Russian).

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

4. 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).

**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

**Георгий Игоревич Тихонов**, заместитель руководителя центра № 21, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва

**Georgiy I. Tikhonov**, Deputy Head of the Center No. 21, Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author