

УДК 624.012.45:620

## АНАЛИЗ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОСЕВОЙ НАГРУЗКЕ КОЛОНН, АРМИРОВАННЫХ ВЫСОКОПРОЧНОЙ АРМАТУРОЙ, С УЧЕТОМ ЭФФЕКТОВ ВТОРОГО ПОРЯДКА

М. Дуткевич<sup>1</sup>, В.В. Гринев<sup>2</sup>, Л. Мрозик<sup>1</sup>, Т. Лампарски<sup>1</sup>, Ю. Гаевски<sup>1</sup>, Б. Пломиньски<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Университет науки и техники г. Быдгощ, Польша

e-mail: <sup>1</sup> macdut@utp.edu.pl, <sup>2</sup> vgv2222@mail.by

*Представлены расчетно-экспериментальные исследования первой серии колонн, с повышенной гибкостью, армированных классами арматуры B500B и B600B. Получены новые результаты прочности колонн, характер и причины их разрушения. Предварительные расчеты по существующим нормам, показали существенную разницу по сравнению с фактической прочностью колонн. Результаты исследований позволят шире использовать арматуру класса B600B при проектировании строительных конструкций, где из-за стеснённости необходимо использовать меньшие диаметры. Экспериментально подтверждено увеличение прочности сжатых элементов, при использовании арматуры класса B600B, по сравнению с арматурой B500B. По выводам испытаний первой серии, будет выполнена корректировка в программе эксперимента следующих серий.*

**Ключевые слова:** колонна, гибкость, пресс, прочность, армирование, B600B, B500B, бетон, деформация, сжатие, продольный изгиб.

## ANALYSIS OF THE AXIAL LOAD RESISTANCE OF COLUMNS REINFORCED WITH HIGH-STRENGTH REINFORCEMENT, TAKING INTO ACCOUNT THE EFFECTS OF THE SECOND ORDER

M. Dutkiewicz<sup>1</sup>, V. Griniov<sup>2</sup>, Ł. Mrozik<sup>1</sup>, T. Lamparski<sup>1</sup>, J. Gajewski<sup>1</sup>, B. Płomiński<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Science and Technology Bydgoszcz, Poland

e-mail: <sup>1</sup> macdut@utp.edu.pl, <sup>2</sup> vgv2222@mail.by

*The paper presents the analytical and experimental studies of the first series of columns with increased flexibility, reinforced with reinforcement classes B500B and B600B. New results of the strength of columns, the nature and causes of their destruction are obtained. Preliminary calculations according to the existing standards showed a significant difference in comparison with the actual strength of the columns. The results of the research will make it possible to use the B600B class rebar more widely in the design of construction structures, where smaller diameters must be used due to tightness. An increase in the strength of the compressed elements, when using the B600B class reinforcement, compared to the B500B reinforcement, has been experimentally confirmed. According to the results of the tests of the first series, an adjustment will be made in the program of the experiment of the next series.*

**Keywords:** column, flexibility, press, strength, reinforcement, B600B, B500B, concrete, deformation, compression, longitudinal bending.

**Введение.** Сжатые конструкции, прежде всего колонны, являются наиболее материалоемкими элементами железобетонных каркасов зданий и сооружений. Снижение расхода стали и уменьшение поперечных сечений в таких конструкциях возможно за счет применения высокопрочных сортов стали и высокопрочных бетонов.

Сжатые железобетонные элементы из-за достаточно больших размеров поперечного сечения редко теряют устойчивость. Обычно их несущая способность определяется прочностью нормальных сечений. Однако гибкость может заметно снизить эту прочность [6, 7, 9] по сравнению с не гибкими элементами.

Основная особенность работы гибких колонн, в отличие от работы коротких (не гибких), состоит в том, что в стадии потери устойчивости при достижении максимальной нагрузки прочность бетона используется не полностью, благодаря чему сечения продолжают нести ниспадающую нагрузку при ускоренном развитии прогибов, деформаций и перераспределения деформаций в бетоне на высокопрочную арматуру.

Предельное сопротивление арматуры сжатию определяется меньшей из двух величин. Первой - напряжением в арматуре при деформациях, равных предельной деформации бетона и второй - величиной текучести арматуры. Для арматуры с повышенной прочностью, определяющей является первая величина.

Анализ литературных источников позволил сформировать следующие предпосылки для анализа гибких колонн, армированных высокопрочной сталью:

- предельные деформации армированных элементов выше, чем неармированного бетона, и зависят от степени армирования и класса стали. В материалах автора [9], при исследовании жестких центрально сжатых железобетонных элементов предельные деформации составили (3,9‰ ... 4,0‰), в работе [12] упоминаются деформации бетона достигающие 15‰;
- при неравномерном распределении напряжений по сечению железобетонного элемента предельные деформации существенно отличаются от величин, полученных при центральном сжатии [2]. значения предельных деформаций достигали значений 3‰...7‰;
- погрешность расчета по существующим методикам расчета (метод номинальной жесткости и метод номинальной кривизны) по сравнению с экспериментом, составляет 33 % до 8 % [8]. В работах [4, 5] описаны недостатки вышеперечисленных методов и рекомендации по их устранению.

С целью определения несущей способности и эффективности использования продольной высокопрочной арматуры класса В600В в сочетании с поперечными хомутами в испытательной лаборатории университета проведены экспериментально - теоретические исследования опытных образцов - колонн. Правомочность использования арматуры класса В600В в качестве армирования подтверждается п. 3.2.2 [1].

Варьировались: процент армирования, класс арматуры и прочность бетона. Опытные образцы разделены на две серии, отличающиеся прочностью бетона.

Цель работы: выполнить расчетно-экспериментальные исследований сжатых железобетонных колонн с продольной ненапрягаемой арматурой классов В500В и В600В в сочетании с поперечным армированием.

В соответствии с указанной целью решались следующие задачи при испытании первой серии колонн:

- исследовать влияние высокопрочной продольной арматуры на прочностные и деформативные свойства конструкций;
- влияние процента продольного армирования на прочностные, деформативные свойства конструкций, а также на характер разрушения.

**Основная часть.** *Конструкции опытных образцов и объем испытаний.* Экспериментальные исследования проводились на образцах с различным процентом продольного армирования, с максимально возможным приближением к элементам натуральных конструкций по: размерам сечений; схемам армирования; составу бетона; технологии приготовления. Опытные образцы

(рисунок 1) имели квадратную форму поперечного сечения 200x200 и высоту 3000 мм. Изготавливались из тяжелого бетона прочностью  $f_{cm} \approx 43$  МПа, на гранитном щебне и кварцевом песке. Армировались симметрично продольными стержнями диаметрами: 10 мм, 16 мм и 25 мм из стали класса В500В и В600В. Поперечная арматура по всей длине конструкции представлена в виде хомутов из стержней диаметром 8 мм, расположенных с шагом 200 мм. Торцевые участки образцов первой серии не усиливались. Продольная и поперечная арматура объединялись в пространственный каркас вязальной проволокой.

Опытные образцы изготавливались в деревянных формах. Комплект оснастки позволял одновременно формировать по шесть образцов колонн, параллельно основным образцам изготавливались контрольные бетонные образцы - призмы.

Укладка бетонной смеси, приготовленной на бетоносмесительном узле, в формы осуществлялась послойно с уплотнением и вибрированием. Твердение бетона происходило при атмосферном давлении. Все изготовленные образцы хранились более 30 суток в помещении лаборатории при температуре не ниже 15°C и влажностью 60...75%. Прочность бетона определялась испытанием на центральное сжатие контрольных призм по общепринятой методике кратковременного нагружения в сроки, совпадающие со сроками испытаний основных опытных образцов железобетонных конструкций.



Рисунок 1. – Изготовление опытных образцов

Общее количество основных опытных образцов (18x2=36 шт.) распределено по двум сериям, отличающихся прочностью бетона.

В первую серию входит 18 колонн, которые разбиты на три группы с соответствующие проценту продольного армирования (0,785 %; 2,009 % и 4,906 %). В каждой группе по три колонны с арматурой В600В и три с В500В. Результаты эксперимента дублировались испытанием трех близнецов. Шифры образцов в первой серии приведены в таблице 1, характеристика арматуры приведена в таблице 2.

Таблица 1. – Основные характеристики испытанных колонн

№	Колонна	Армирование	Прочность бетона $f_{cm}$ , (МПа)	Усилия разрушения, $N_{exp}$ , (кН)	Расчетные усилия разрушения, $NE_d$ , (кН)	Погрешность, %	Характер разрушения колонны
1	S1.1	4Ø10 В600В	44,0	1470	1928	31	В средней части высоты, идентично изгибаемым элементам
2	S1.2			1540	1916	24	В верхней четверти высоты
3	S1.3			1560	1951	25	Нижний опорный участок

## Окончание таблицы 1

	1	2	3	4	5	6	7
4	S2.1	4Ø10 B500B	44,0	1250	1924	54	Нижний опорный участок
5	S2.2			1300	1885	45	Нижний опорный участок
6	S2.3			1400	1888	35	В средней части высоты, идентично изгибаемым элементам
7	S3.1	4Ø16 B600B	43	1550	2232	44	В средней части высоты, идентично изгибаемым элементам
8	S3.2			1620	2232	38	Верхний опорный участок
9	S3.3			1710	2232	31	Нижний опорный участок
1	S4.1	4Ø16 B500B	43	1350	2154	60	Нижний опорный участок
11	S4.2			1400	2154	54	Верхний опорный участок
12	S4.3			1520	2154	42	Верхний опорный участок
13	S5.1	4Ø25 B600B	44	2050	2968	45	Нижний опорный участок
14	S5.2			2100	2968	41	Верхний опорный участок
15	S5.3			2060	2968	44	Верхний опорный участок
16	S6.1	4Ø25 B500B	44	1610	2779	73	Нижний опорный участок
17	S6.2			1600	2779	74	Нижний опорный участок
18	S6.3			1800	2779	54	Нижний опорный участок

Таблица 2. – Основные качественные характеристики арматурной стали

Класс арматурной стали	B500	B600
Класс пластичности	B	B
Марка арматурной стали	B500B	B600B
Предел текучести $\sigma_T$ не менее, МПа.	500	600
Соотношение $\sigma_b/\sigma_T$ не менее	1,08	1,08
Полное относительное удлинение при максимальной нагрузке не менее %	5,0	5,0

*Методика испытаний.* Испытания конструкций проводились в гидравлическом прессе DRMB 600, рисунок 2. Схема загрузки предусматривала создание условий работы конструкций как стоек с шарнирным опиранием, с одинаковым направлением продольной силы.

В процессе испытаний конструкций проводились измерения: выгиба боковых граней, усилий трещинообразования, ширины раскрытия трещин, несущей способности.

При исследованиях выгиба использованы индикаторные тензометры с ценой деления 0,01 мм.

Усилие трещинообразования фиксировалось по шкале прессы в момент образования первых трещин. Ширина раскрытия трещин измерялась на уровне наиболее растянутой арматуры при помощи микроскопа с точностью 0,05 мм.

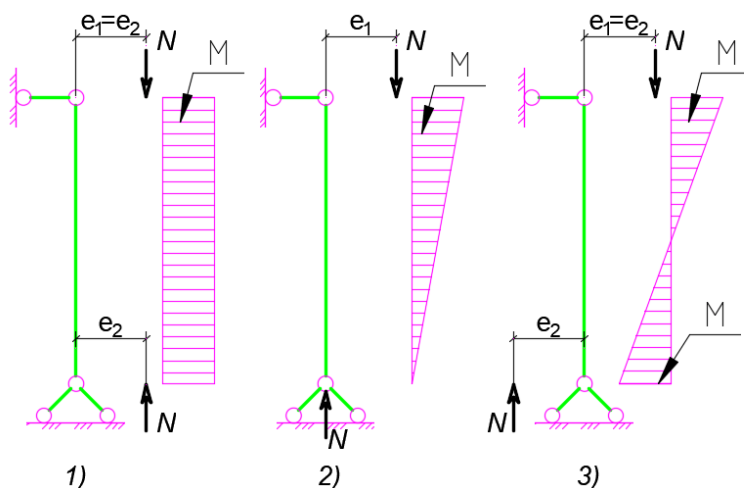
Нагружение проводилось при кратковременном режиме ступенчатого увеличения нагрузки на 10% от расчетной с выдержкой на постоянном уровне каждой ступени в течении 12...15 минут. В стадиях, предшествующих исчерпанию несущей способности, размер ступени нагружения уменьшался до 5%. Отсчеты по измерительным приборам регистрировались до и после приложения очередной ступени нагрузки. Измерения выгибов проводились до нагрузок, соответствующих 50% предельной несущей способности конструкций.

*Характер разрушения и прочность опытных образцов.* Анализ внешних качественных признаков состояния конструкций в стадиях, предшествующих разрушению, а также характер самого разрушения позволяют оценить влияние конструктивных факторов и судить о критериях несущей способности. Согласно работе [13] можно выделить следующие схемы приложения внешней нагрузки и соответственно характер разрушения будет различен.

Необходимо выделить основные характерные формы разрушения: разрушения от продольного изгиба (схема 1, 2 рисунка 3) и разрушения оголовков колонн на опорах (схема 3 рисунка 3).



Рисунок 2. – Общий вид испытаний



- 1) - основная схема; 2) - с односторонним эксцентриситетом;  
3) – схема с равнозначными равными эксцентриситетами

Рисунок 3. – Схемы загрузки продольной силой

Разрушению от продольного изгиба гибких колонн протекало плавно и обозначалось появлением трещин на растянутой поверхности и появление лещадок на поверхности бетона наиболее сжатых граней сечения. Разрушение происходило с потерей устойчивости и выпучиванием стержней арматуры сжатой зоны между поперечными хомутами, с последующим изги-

бом всей колонны. Плоскость разрушения бетона в большинстве случаев составляла угол с вертикальной осью порядка  $20^{\circ}$ ... $30^{\circ}$  и проходила обычно по ранее образовавшимся продольным трещинам.

Наиболее сжатые стержни арматуры имели такую же кривизну, как и вся конструкция. Потеря устойчивости и выпучивание этой арматуры происходило в направлении «из колонны» так как внутренние слои сжатого бетона препятствовали выпучиванию в направлении плоскости изгиба всей конструкции (рисунок 4) Растянутая арматура (менее сжатая) в момент растяжения достигала предела текучести.

Стержни теряли устойчивость в пределах среднего участка длины конструкций и между точками закрепления в местах их пересечения с хомутами. Форма искривления (рисунок 5) указывает на наличие полного или частичного защемления концов стержней, т.е. свободная длина при потере устойчивости этих элементов, очевидно, меньше, чем расстояние между хомутами.

Вслед за потерей устойчивости наступало быстрое разрушение сжатой зоны сечения, при упавшей продольной нагрузке и возросшем продольным моментом. Характер разрушения схож с разрушениями изгибаемых элементов от сосредоточенной силы.

Основной причиной разрушения отдельных колонн было повреждение оголовков из-за концентраторов напряжений опорных устройств либо ассиметричной передачей сжимающего усилия (схема 3, рисунок 3). Характер разрушения таких колонн представлен на рисунках 4, 5. Результаты испытаний прочности данных колонн при анализе с расчетными значениями прочности не учитывались. В следующей серии во избежание подобных форм разрушения будут выполнены определенные мероприятия.



Рисунок 4. – Характер разрушения колонн в средней части высоты

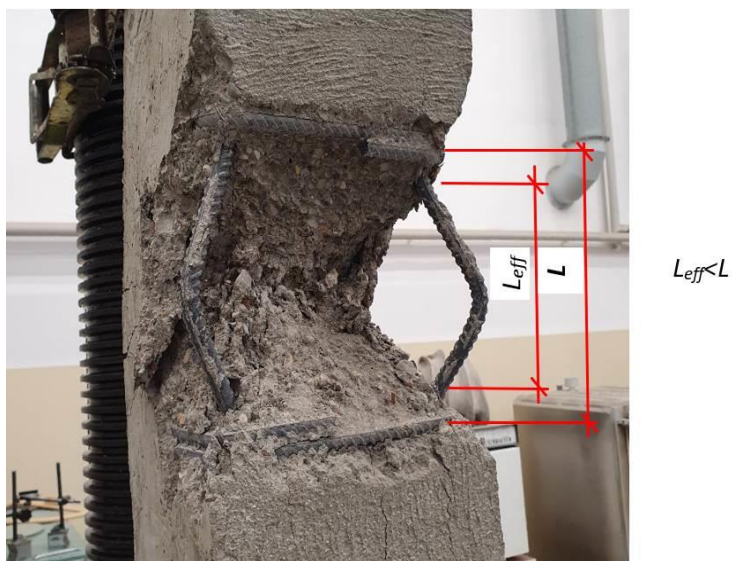


Рисунок 5. – Характер разрушения колонн в средней части высоты

Перечисленные формы разрушения, наблюдаемые в опытах, характеризуют процессы, происходящие в элементах конструкций при их разрушении, и будут учитываться при последующих испытаниях. Результаты экспериментальных значений прочности колонн представлены в таблице 1.



Рисунок 6. – Характер разрушения колонн в нижнем и в верхнем опорных участках

Результаты численных расчетов В проводимой расчетно-экспериментальной работе одной из задач было проверка отдельных методик расчета гибких колонн и сравнение их с экспериментальными данными. Для определения прочности поперечных сечений колонн с разным классом и процентом армирования строились зависимости  $MRd - NRd$ , (рисунок 7), используя

специальное программное обеспечение [10]. Указанные графики очерчивают прочностные границы колонн и позволяют анализировать факторы, повлекшие разрушение. Необходимо отметить, что результаты испытаний всех колонн первой серии находятся в соответствующих областях. Данные зависимости позволяют с относительной точностью определять какой был момент при максимальной сжимающей силе и наоборот.

Прочностной расчет выполнялся согласно документу [1] п. 5.8.8 по номинальной кривизне, следует отметить, что расчет по номинальной жесткости (п. 5.8.7), рекомендуемый этим же документом, в строительных нормах Германии отсутствует [14].

Результаты расчета сведены в таблице 1, столбец 5 и отображены графически в виде гистограмм на (рисунок 8).

Сопоставление опытных и расчетных значений прочности колонн показало, что предельные усилия, полученные в результате расчетов по рекомендациям норм (при фактических показателях прочности материалов) оказались завышенными по сравнению с измеренными при испытаниях. Завышение находится в пределах 24%...74%, материалы ученых [4, 5, 8] подтверждают возможность больших погрешностей и рекомендуют совершенствовать методики расчета.

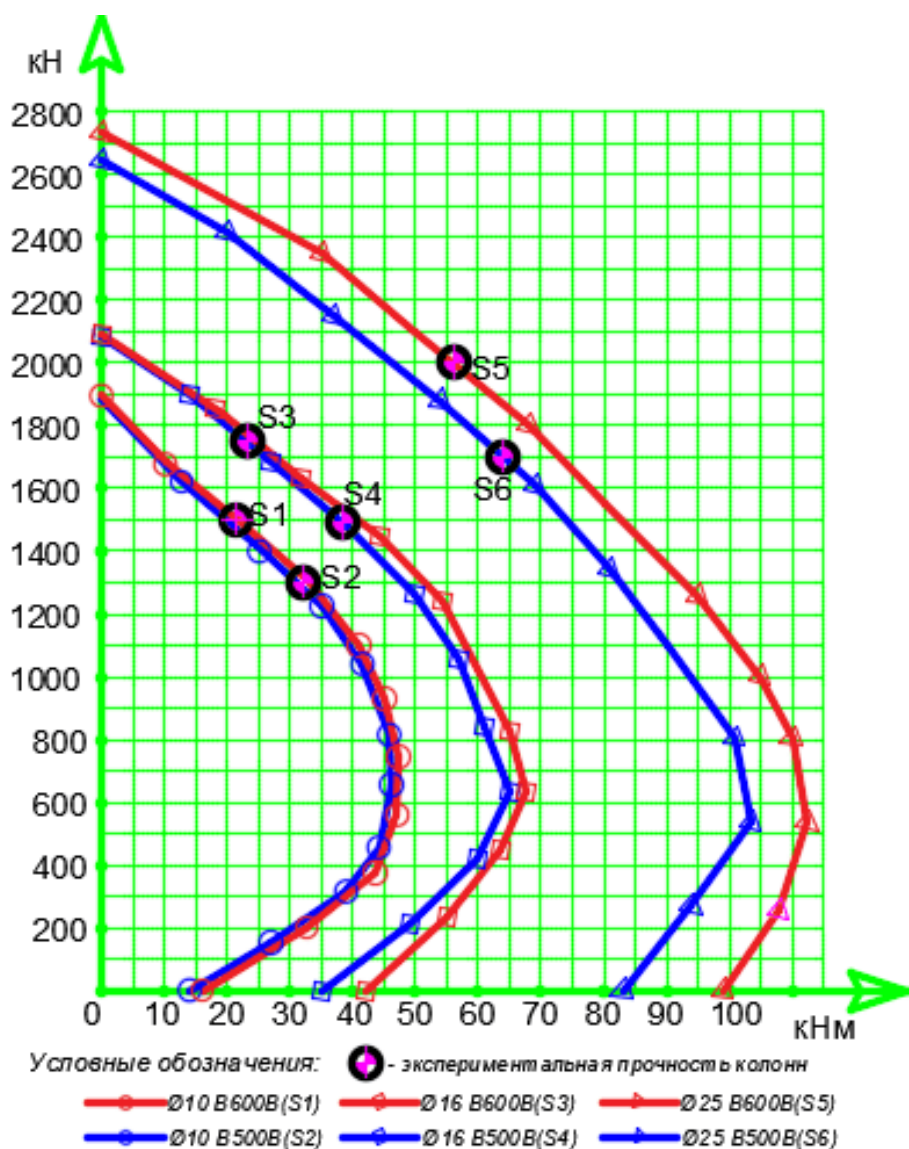


Рисунок 7. – Графическое изображение прочностных характеристик колонн



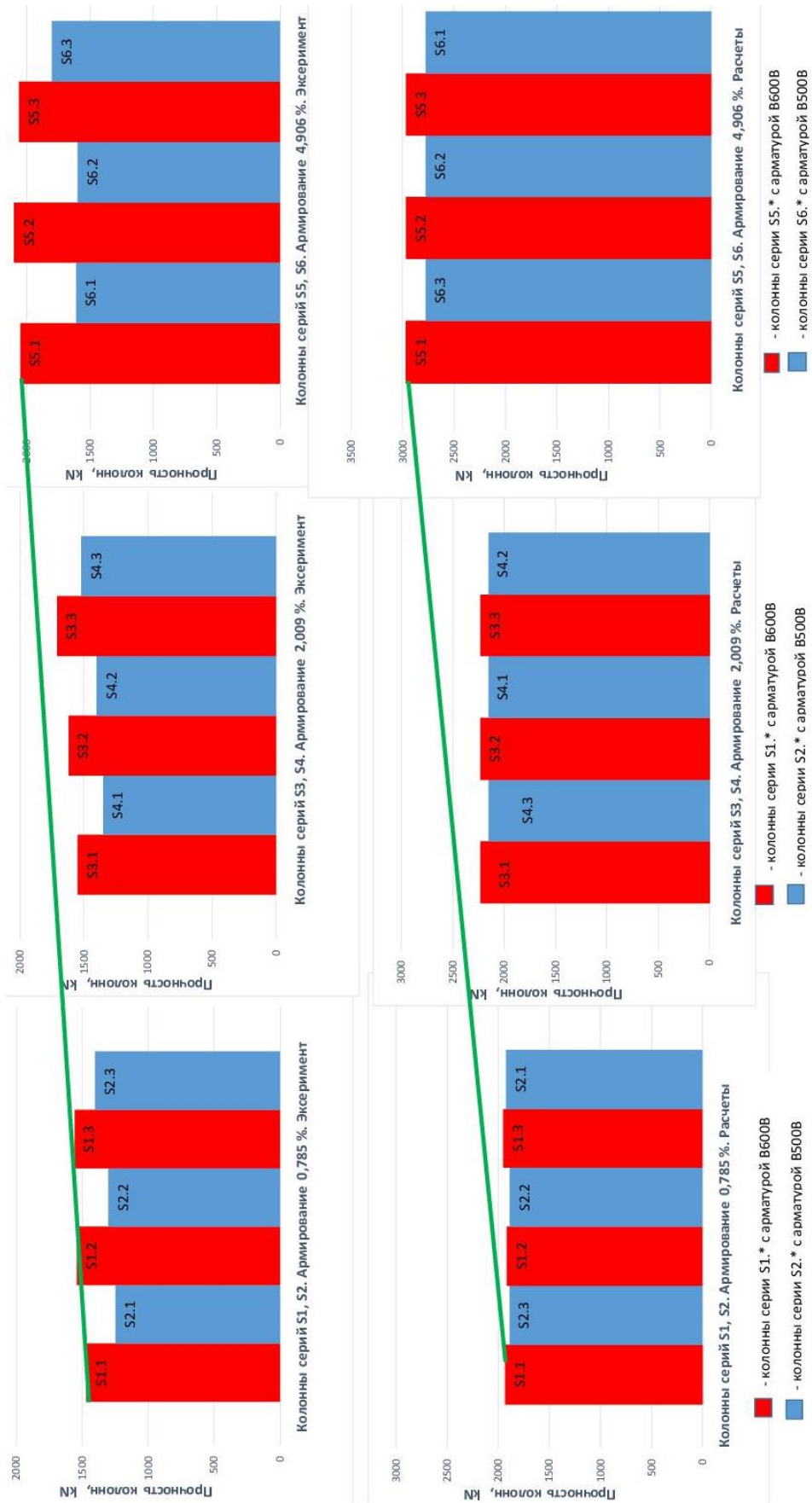


Рисунок 8. – Сравнение расчетной и экспериментальной прочности колонн с различным армированием (рост прочности)

### Выводы и рекомендации

1. Установлена эффективность использования стержневой арматуры марки В600В в гибких, сжатых железобетонных элементах. Степень использования высокопрочной стержневой арматуры на сжатие возрастает при повышении процента армирования, уменьшении высоты сжатой зоны и увеличении кривизны конструкции.

2. При испытании колонн следующих серий, планируется предусмотреть мероприятия позволяющие избежать разрушения колонн в опорных зонах, путем устройства металлических «башмаков». Данные мероприятия будут способствовать классической схеме разрушения от потери устойчивости.

3. Планируется после завершения испытаний второй серии, из неповрежденных участков колонн изготовить (нарезать) короткие элементы для испытаний на сжатие – третья серия.

4. Для определения деформаций при испытании колонн следующих серий, необходимо использовать экстензометры системы Vic-3D либо «ARAMIS» 3D Camera, совместно с механическими индикаторами деформаций.

5. Для изучения изменения структуры материала колонн на каждом этапе нагружений будут предусмотрено оборудование (акселерометры и Impact Hammer 5803), позволяющее проводить модальный анализ, так как изменение структуры материала конструкции влияет на частоты собственных колебаний.

6. Расчет колонн проводился, согласно рекомендациям п.5.8.5 [1], по одному из упрощенных методов. Фактическая прочность колонн оказалась меньше расчетной на 24%...74%. Анализ причин, вызвавших расхождение будет опубликован после завершения испытаний всех серий колонн.

«Проект со финансируется Национальным агентством академических обменов в рамках программы: «Солидарность с учеными».

### ЛИТЕРАТУРА

1. EN 1992-1-1:2004+AC:2010, IDT. Проектирование железобетонных конструкций.
2. Попков Ю. В., Семенов А. И. Предельная сжимаемость бетона и напряжение в высокопрочной стержневой арматуре при плоском и косом внецентренном сжатии // Вопросы строительства и архитектуры. - Минск, 1989. - Вып.17. - С.17-50.
3. Литье и металлургия 4 (77), 2014. Оценка качественных характеристик арматуры ненапрягаемой класса S500 по СТБ 1704-2012 в разрезе основных европейских норм. Т.А. Ахметов, Я.В. Чикишев, И.Н. Радькова, Л.В. Лактионова.
4. Шилов, А. Е. Особенности учета эффектов второго порядка при расчете сжатых железобетонных элементов по ТКП EN-1992-1-1–2009\* / А. Е. Шилов, В. В. Мезен // Инновационная подготовка инженерных кадров на основе европейских стандартов (Еврокодов) : материалы Международной научно-технической конференции (Минск, 30 мая 2017 г.) / [редколлегия: В. Ф. Зверев, С. М. Коледа]. - Минск : БНТУ, 2017. - С. 160-166.
5. Шилов, А. Е. Расчет гибких сжатых элементов с учетом продольного изгиба по нормам разных стран / А. Е. Шилов, Д. А. Мирный // Повышение качества подготовки студентов специальности "Промышленное и гражданское строительство" : сборник научно-технических статей (материалы научно-методического семинара), 24 мая 2011 г. - Минск : БНТУ, 2011. - С. 149-156.
6. Jostein Helleland. New and extended design moment formulations for slender columns in frames with sway. Engineering Structures 15 January 2020.
7. Аксёнов В. Н. Проектирование гибких преднапряженных железобетонных колонн из высокопрочного бетона. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ростов-на-Дону. 2009.
8. Семенов Д. С. Расчет несущей способности железобетонных колонн по деформированной схеме. Промышленное и гражданское строительство. 9/2017.

9. Босовец Ф. П., Лобанов А. Т. Исследование жестких железобетонных колонн из бетона марок 600 на центральное сжатие // Строительные конструкции. - Минск, 1976. - С.45-48.
10. Программа БЕТА 2.1. ПГУ. Пецольд Т.М., Лазовский Д.Н., Глухов Д.О.
11. Аль-Каддах Мохамад. Исследование работы высокопрочной арматуры в сжатой зоне железобетонных конструкций: Автореферат дисс. ... канд.техн.наук: 05.23.01. -М., 1994. - 20 с.
12. Кхлифи Хассан Бен Саад. Кратковременное и длительное сопротивление центрально сжатых колонн средней гибкости с различным содержанием высокопрочной продольной арматуры: Автореферат дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01. – М., 1998. –27с.
13. Совершенствование нормируемых методов расчета железобетонных колонн при различных схемах нагружения / Е. Л. Коршун [и др.] // Строительная наука и техника. - 2011. - № 1. - С. 59-62.
14. Frank Fingerloos, Josef Hegger, Konrad Zilch. Eurocode 2 für Deutschland. DIN EN 1992-1-1 Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1-1: Allgemeine Bemessungs-regeln und Regeln für den Hochbau mit Nationalem Anhang. Kommentierte und konsolidierte Fassung. 2016.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:  
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ  
III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 29–30 апреля 2021 г.)

*Текстовое электронное издание*

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2021

УДК 72:624/628+69(082)

Одобрено и рекомендовано в качестве электронного издания  
Советом инженерно-строительного факультета (протокол № 8 от 27.10.2021 г.)

**Редакционная коллегия:**

Д. Н. Лазовский (председатель), А. А. Бакатович, Е. Д. Лазовский,  
Л. М. Парфенова, Ю. В. Вишнякова, Р. М. Платонова, А. М. Хаткевич

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**  
[Электронный ресурс] : электрон. сб. ст. III междунар. науч. конф., Новополоцк, 29–30 апр.  
2021 г. / Полоц. гос. ун-т ; Редкол.: Д. Н. Лазовский (председ.) [и др.]. – Новополоцк :  
Полоц. гос. ун-т, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).  
ISBN 978-985-531-779-2.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.  
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018 г.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь  
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

**№ госрегистрации 3671815379**  
**ISBN 978-985-531-779-2**

©Полоцкий государственный университет, 2021

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:  
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ  
III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 29–30 апреля 2021 г.)

Технический редактор *И. Н. Чапкевич.*

Компьютерная верстка *А. А. Прадидовой, С.Е. Рясовой.*

Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой.*

---

Подписано к использованию 09.11.2021.

Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,  
г. Новополоцк,  
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44  
<http://www.psu.by>