

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО КАРКАСА С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ СП 5.03.01-2020 В РАМКАХ АКТУАЛИЗАЦИИ СЕРИИ 1.020.1-1/87

Н. В. Матвеенко¹, П. В. Кривицкий², К. К. Глушко³

¹ ведущий научный сотрудник Отраслевой лаборатории «Научно-исследовательский центр инноваций в строительстве», к.т.н., Брестский государственный технический университет, 224004 г. Брест, ул. Московская, 267, nikifarych@yandex.ru

² заведующий Отраслевой лаборатории «Научно-исследовательский центр инноваций в строительстве», к.т.н., доцент, Брестский государственный технический университет, 224004 г. Брест, ул. Московская, 267, krivitskiyp@mail.ru

³ доцент кафедры архитектуры, к.т.н., доцент, Брестский государственный технический университет, 224004 г. Брест, ул. Московская, 267, konstantin.glushko@bk.ru

Аннотация.

Предмет исследования: несущая способность и устойчивость связевого каркаса по серии 1.020.1-1/87 и его отдельных несущих элементов.

Цели: подготовить рекомендации по компоновке каркаса, разработать рабочие чертежи несущих конструкций каркаса, соответствующие современным требованиям надежности.

Материалы и методы: теоретические исследования, численное моделирование.

Результаты: разработаны рекомендации по компоновке конструктивных схем каркаса, определена несущая способность основных элементов каркаса в виде графиков.

Выводы: по результатам проведенной работы получены рабочие чертежи строительных конструкций, соответствующие требованиям современных строительных норм и отвечающие установленным критериям надежности, при снижении общего расхода стали.

ВВЕДЕНИЕ

Строительная отрасль является важной составляющей экономики Беларуси. В республике строят жилые и промышленные здания, объекты сельского хозяйства и здравоохранения, спортивные сооружения, автомобильные магистрали. Этому способствует постоянное развитие промышленности строительных материалов, на долю которой приходится почти 5% ВВП. Современные материалы дают возможность воплотить в жизнь смелые архитектурные решения, качественно проводить реставрацию, реконструкцию, ремонт различных объектов.

На настоящий момент для большинства заводов-производителей железобетонных конструкций остро стоит вопрос сертификации выпускаемых изделий. Результат анализа номенклатуры выпускаемой продукции показывает, что, в подавляющем большинстве, техническая документация, применяемая на предприятиях-изготовителях, устарела (выполнена по советским нормативно-техническим стандартам) и не соответствует требованиям, действующих в настоящее время, техническим нормативно-правовым актам (СН 2.01.01-2022, СН 2.01.02-2019, СП 5.03.01-2020, СТБ EN 206-2016). Следует отметить, что применение типовых серий, выпущенных более 40 лет назад, создает условия, при которых имеет место не только необоснованный перерасход материалов, но и снижение

надежности изделий сборного железобетона. Простая замена (без перерасчета количества) арматуры АIII по ГОСТ 5781-82 на арматуру S500 по СТБ 1704-2012 приводит не только к перерасходу стали (при замене диаметра на диаметр), но и изменяет форму разрушения элемента.

На протяжении 2023–2025 гг. в рамках научно-исследовательской работы «Разработать научно обоснованные модели сопротивления конструктивных систем из сборного железобетона, выполнить на их основе оценку надежности к живучести каркасов многоэтажных зданий, в том числе в особых расчетных ситуациях, и переработать (актуализировать) рабочие чертежи серий 1.020-1/87 и 1.020-1/83 «Конструкции каркаса межвидового применения для многоэтажных общественных зданий» специалисты отраслевой лаборатории «Научно-исследовательский центр инноваций в строительстве» выполняли переработку указанных серий.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Каркасные здания, как в промышленности, так и в гражданском строительстве, приобрели широкую популярность благодаря разнообразию объемно-планировочных решений внутреннего пространства. Это стало возможным благодаря полной индустриализации изготовления и монтажа конструкций, а также дифференциации несущих и ограждающих элементов по их функциональному назначению. Упрощение системы унификации и типизации позволяет эффективно использовать и распределять материалы, что в свою очередь приводит к снижению общего расхода.

Одной из ключевых особенностей каркасов многоэтажных зданий из сборного железобетона является наличие большого количества узловых сопряжений, которые, в соответствии с принятой системой разрезки здания на элементы, обычно располагаются в наименее напряженных зонах [1]. Разрезка каркаса на конструктивные элементы основывается на нескольких принципах [2, 3]: минимизация числа типоразмеров и марок, простота и универсальность узлов сопряжения, соблюдение эстетических и архитектурных требований, а также экономичность и технологичность в процессе изготовления и монтажа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа по актуализации серии была начата с компоновки монтажных схем каркаса. За основу были взяты схемы, приведенные в выпусках 0-1 и 0-2 серии 1.020-1/87, и в последствие доработанные с учетом действующих технических нормативно-правовых актов. Был выполнен сбор нагрузок, действующих на элементы каркаса: постоянных (собственный вес конструкций, вес конструкции пола и кровли и т.д.) и переменных (снеговые и функциональные нагрузки, ветровое воздействие. Статический расчет каркаса выполнялся в программных комплексах таких как Dlubal Rfem, SAP 2000, Лира Софт (рисунок 1).

Результаты статического анализа ряда гипотетических, но реально реализуемых конструктивных систем получены в виде эпюр, изополей внутренних усилий в элементах каркаса, таблиц со значениями усилий. На основании вычисленных усилий выполнен расчет и конструирование основных несущих элементов каркаса: фундаментов, колонн, ригелей и диафрагм жесткости.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для каждого конструктивного элемента была получена несущая способность, определенная в соответствии с требованиями СП 5.03.01-2020.

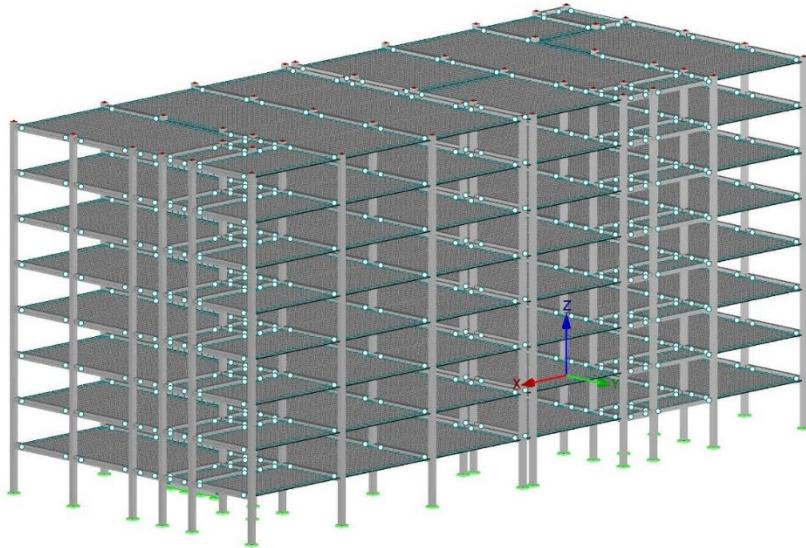


Рис. 1. Численная модель каркаса с сеткой колонн 6×9 м, высотой этажа 3,3 м, 8 этажей

Расчет фундаментов был произведен в соответствии с требованиями СП 5.03.01-2020 и СП 5.01.01-2023. При этом учитывались следующие требования:

1) требования, ограничивающие форму давления на грунт. Согласно СП 5.01.01-2023 допускается трапециoidalная, треугольная ($P_{min} \geq 0$) и треугольная с неполным касанием подошвой грунта (двухзначная эпюра давления). В последнем случае минимальная длина треугольной эпюры при действии момента должна быть не менее 0,75 размера подошвы в направлении действия момента.

2) несущая способность подошвы фундамента (плитной части) при работе на изгиб консольного выступа в сечении по грани колонны.

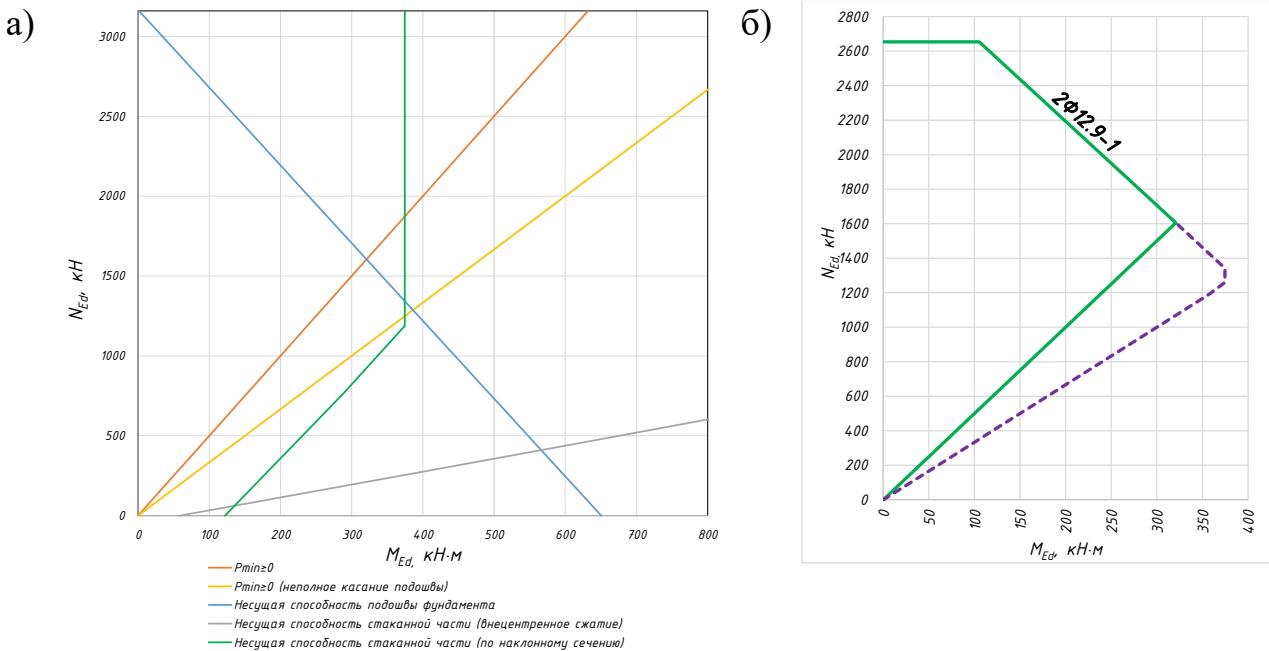
3) несущая способность стаканной части фундамента, определенная как для внецентренно сжатого элемента коробчатого сечения.

4) несущая способность стаканной части фундамента из расчета по наклонному сечению, проходящему через стенки стакана.

Графическое изображение несущей способности фундамента может быть представлено в виде системы графиков, каждый из которых отражает одно из перечисленных выше требований (рисунок 2а). Если принять за допустимые величины изгибающего момента и продольной силы координаты точек, расположенных внутри области, ограниченной линиями, то можно получить обобщённый график несущей способности (рисунок 2б).

Колонны каркаса работают как внецентренно сжатые элементы. Поскольку пространственная жесткость в связевом каркасе обеспечивается диафрагмами жесткости величина изгибающих моментов незначительна.

Для удобства несущая способность колонны при двухосном изгибе представлена в виде графика сопротивления сечения, который представляет собой линии уровня (горизонтали) для определенных значений продольной силы N_{Ed} в координатах значений изгибающих моментов $M_{Ed,x}$ (по горизонтальной оси) и $M_{Ed,y}$ (по вертикальной оси) (рисунок 3) [4].



а) графики несущей способности для фундамента 2Ф12.9-1; б) обобщенный графики несущей способности для фундамента 2Ф12.9-1 (штриховой линией обозначен случай неполного касания подошвы)

Рис. 2. Несущая способность для фундамента 2Ф12.9-1

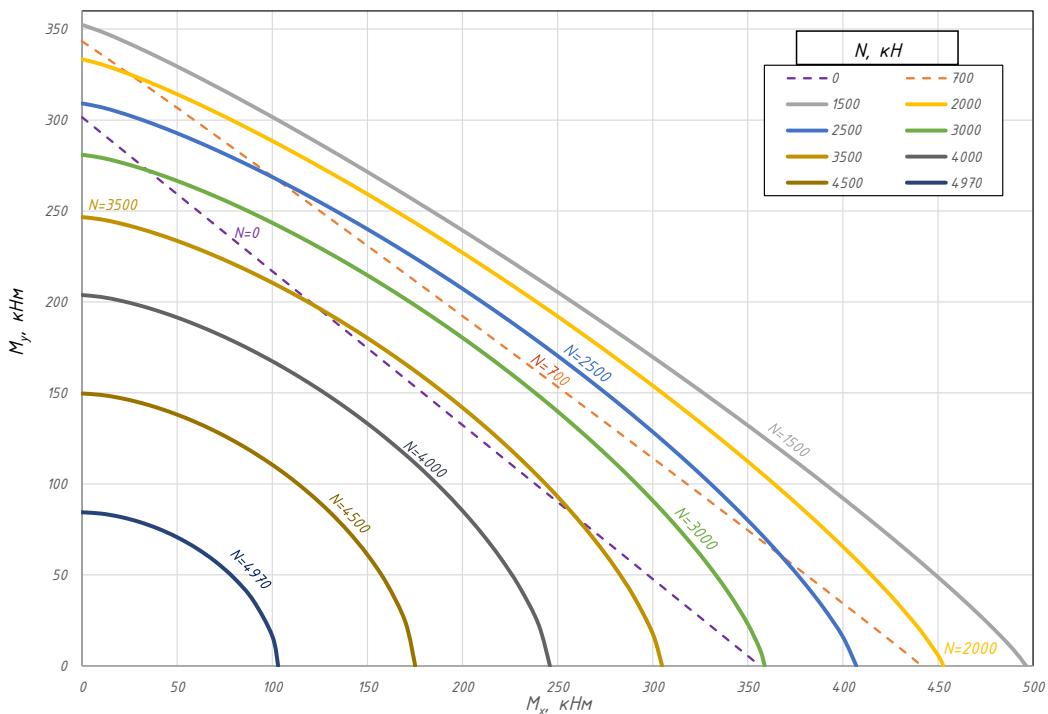


Рис. 3 – График сопротивления сечения колонны с размерами 400×400, армированное 8Ø28 S500

ВЫВОДЫ

По результатам проведенной работы получены рабочие чертежи строительных конструкций, соответствующие требованиям современных строительных норм и отвечающие установленным критериям надежности, при снижении общего расхода стали (таблица 1 и 2).

Табл. 1 Сравнение показателей расхода стали для колонн на здание

1.020-1/87			Б1.020-1.23		
Марка колонны	Кол.	Расход стали, кг	Марка колонны	Кол.	Расход стали, кг
крайние					
3КНО 33-2.34/44	18	371,6	2КНО 4.33-2.9/2	18	196,33
3КСО 33-2.33	18	177,4	2КСО 4.33-2.3	18	165,95
2КВО 33-2.23	18	105,1	2КСО 4.33-2.2	18	122,35
			2КВО 4.33-2.2	18	111,37
средние					
3КНД 33-2.59	32	1022,0	2КНД 4.33-2.17/15	32	568,25
3КСД 33-2.40	32	364,3	2КСД 4.33-2.5	32	242,61
2КВД 33-2.23	32	118,7	2КСД 4.33-2.2	32	133,93
			2КВД 4.33-2.2	32	122,95
Итого расход стали, кг		59933,8	Итого расход стали, кг		44895,7

Табл. 2 Сравнение показателей расхода стали для ригелей на здание

1.020-1/87			Б1.020-1.23		
Марка ригеля	Кол.	Расход стали, кг	Марка ригеля	Кол.	Расход стали, кг
РОП 4.56-60	80	170,22	РОП 4.56-60	80	284,16
РДП 4.56-110	28	254,3	РДП 4.56-110	28	289,37
РДП 4.26-110	12	75,57	РДП 4.26-110	12	104,96
РОП 4.26-55	40	79,02	РОП 4.26-55	40	100,4
Итого расход стали, кг		24805,6	Итого расход стали, кг		36109,9

По результатам анализа расхода стали на здания, запроектированные согласно сериям 1.020-1/87 и Б1.020-1.23 получили:

- уменьшение расхода стали на 25,09% на изготовление колонн, принятых по серии Б1.020-1.23, по сравнению с серией 1.020-1/87 (таблица 1);
- уменьшение общего расхода стали (на изготовление колонн и ригелей) на 4,41% для конструкций, принятых по серии Б1.020-1.23, по сравнению с серией 1.020-1/87 (таблица 2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Трекин, Н. Н. Податливость сборных дисков перекрытий / Н. Н. Трекин // Наука и техника транспорта. – 2003. – №3.– С. 36–40.
2. Гранев, В. В. Повышение сборности и заводской готовности конструкций промышленных зданий / В. В. Гранев. – М. : Стройиздат, 1990. – 154 с.
3. Трекин, Н. Н. Пространственная работа несущих элементов каркасной системы с учетом нелинейности и податливости узловых сопряжений: дис. докт. техн. наук: 05.23.01 / Н. Н. Трекин. – М., 2003. – 424 с.
4. Матвеенко, Н.В. Учет продольного изгиба при расчете сжатых элементов согласно отечественным и зарубежным нормам / Н. В. Матвеенко, П. В. Кривицкий, К. К. Глушко, Е. С. Матвеенко // сб. науч. ст. междунар. науч. конф. XVI Академические чтения, посвященные 100-летию академика РААСН Бондаренко В.М. и 96-летию академика РААСН Осипова Г.Л., Москва, 1–3 июля 2025 г. НИУ МГСУ.