



## ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ СОЧЕТАНИЙ УСИЛИЙ В РАСЧЕТАХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН ОДНОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

В статье рассмотрены изменения при составлении сочетаний усилий, введенные СП 20.13330.2016, и их влияние на расчетные усилия железобетонных колонн одноэтажных промышленных зданий.

Сочетание нагрузок, железобетонные колонны, расчет, одноэтажные здания.

В расчетах строительных конструкций должны быть учтены все виды нагрузок, соответствующих функциональному назначению и конструктивному решению здания, в том числе климатические, технологические воздействия и усилия, вызываемые деформацией строительных конструкций и основания. В реальных условиях на конструкцию действует несколько нагрузок одновременно, причем их влияние в процессе эксплуатации может изменяться, и вероятность того, что все нагрузки могут одновременно оказывать максимальное воздействие, незначительна.

Нормами предусмотрены два варианта сочетаний нагрузок:

- основные сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных и кратковременных;
- особые сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных и кратковременных и одной из особых нагрузок.

СНиП 2.01.07-85 [1] «Нагрузки и воздействия» предусматривал 4 вида особых нагрузок: сейсмические и взрывные воздействия, нагрузки, вызываемые резкими нарушениями технологического процесса, и воздействия, вызванные деформациями основания. СП 20.13330.2011 [2] и СП 20.13330.2016 [3] рассматривает перечень особых нагрузок, добавив нагрузки, обусловленные пожаром и от столкновения транспортных средств с частями сооружения, а также климатические воздействия, приводящие к аварийной ситуации, при этом были забыты сейсмические, которые были внесены изменения от 06.01.2019 г. В сочетания нагрузок должны входить нагрузки, которые наиболее неблагоприятно влияют на конструкции, при этом взаимоисключающие воздействия не могут входить в одно сочетание.

В связи с введением новых СП 20.13330.2011 [2] и СП 20.13330.2016 [3], были внесены изменения при составлении сочетаний нагрузок. Коэффициенты для определения сочетаний представлены в таблице 1. Анализируя коэффициенты, можно сделать вывод, что изменения коснулись конструкций, в которых три и более временных нагрузок, в частности колонн одноэтажных промышленных зданий с мостовыми кранами, где количество нагружений принимается восемь вариантов:

- от действия постоянной нагрузки;
- от действия снеговой нагрузки;

- от действия наибольшего вертикального давления на крайнюю стойку и минимального на противоположную;

- от действия минимального вертикального давления на крайнюю стойку и минимального на противоположную;

- от действия тормозного давления на крайнюю стойку;

- от действия тормозного давления на противоположную стойку;

- от действия ветровой нагрузки слева направо;

- от действия ветровой нагрузки справа налево.

С учетом коэффициентов сочетаний усилий в конструкции определяем [2, 3]:

а) основные сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных и кратковременных:

$$C_m = P_d + (\psi_{11}P_{11} + \psi_{12}P_{12} + \psi_{13}P_{13} + \dots) + (\psi_{21}P_{21} + \psi_{22}P_{22} + \psi_{23}P_{23} + \dots); \quad (1)$$

б) особые сочетания нагрузок, состоящие из постоянных, длительных, кратковременных и одной из особых нагрузок:

$$C_s = C_m + P_s, \quad (2)$$

где  $C_m$  – нагрузка для основного сочетания;

$C_s$  – нагрузка для особого сочетания;

$\psi_{li}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ) – коэффициенты сочетаний для длительных нагрузок;

$\psi_{2i}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots$ ) – коэффициенты сочетаний для кратковременных нагрузок.

Коэффициент сочетания нагрузок  $\Psi$  учитывает вероятность значений той или иной нагрузки в сочетании с другими нагрузками. Каждая нагрузка в различных комбинациях нагрузок имеет свой различный коэффициент сочетаний. Задача состоит в определении комбинации нагрузок (с учетом различных коэффициентов сочетаний), вызывающую наибольшее усилие в рассматриваемом элементе конструкции, в частности колонны крайнего ряда одноэтажного здания. При определении наиболее благоприятных сочетаний нагрузок рассматриваем такие комбинации усилий:

+  $M_{max}$  – максимальный момент и соответствующая ему продольная сила  $N_{comb}$ ;

-  $M_{max}$  – минимальный момент и соответствующая ему продольная сила  $N_{comb}$ ;

+  $N_{max}$  – максимальная продольная сила и соответствующий ей момент  $M_{comb}$ .

## Коэффициенты сочетания нагрузок

Сочетания	Нагрузки											
	по СНиП 2.01.07-85*						по СП 20.1330.2016					
	постоянная	длительная		кратковременная			постоянная	длительная		кратковременная		
1		2	1	2	3 и более	1		2	1	2	3 и более	
Основные:												
- постоянная	1						1					
- одна длительная	1						1	1	1			
- две длительные	1	0,95	0,95				1	0,95*	0,95*			
- одна кратковременная	1			1			1					
- две кратковременные	1			0,9	0,9		1			0,9	0,9	
- три и более кратковременные	1			0,9	0,9	0,9	1			1	0,8	0,6
Особые:												
- постоянная	1						1					
- одна длительная	1	0,95					1	0,95				
- две длительные	1	0,95	0,95				1	0,95	0,95			
- одна кратковременная	1			1			1			0,8		
- две кратковременные	1			0,8	0,8		1			0,8	0,8	
- три и более кратковременные	1			0,8	0,8	0,8	1			0,8	0,8	0,8
особая нагрузка	принимается без снижения						принимается без снижения					

\*длительная и кратковременная нагрузка принимаются с учетом работы крана

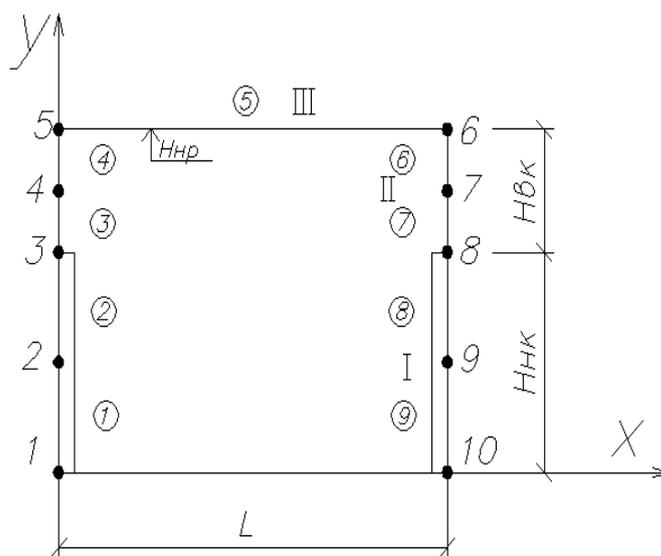


Рис. 1. Расчетная схема рамы:  
 где 1÷10 – номера узлов рамы; ① ÷ ⑨ – элементы рамы;  
 I–III – типы жесткости сечения рамы

Для оценки изменений при составлении сочетаний нагрузок была принята одноэтажная однопролетная рама с пролетами  $L$  18 и 24 м, с отметкой низа ригеля  $H_{np}=9,6$  м и грузоподъемностью мостового крана 5, 8, 12,5 и 20 т.

Высота колонны верхней части 3,8 м, высота нижней части колонны 5,950 м до обреза фундамента. Схема рамы представлена на рисунке 1.

Результаты расчетов и их сравнительный анализ представлены в графической форме на рисунке 2.

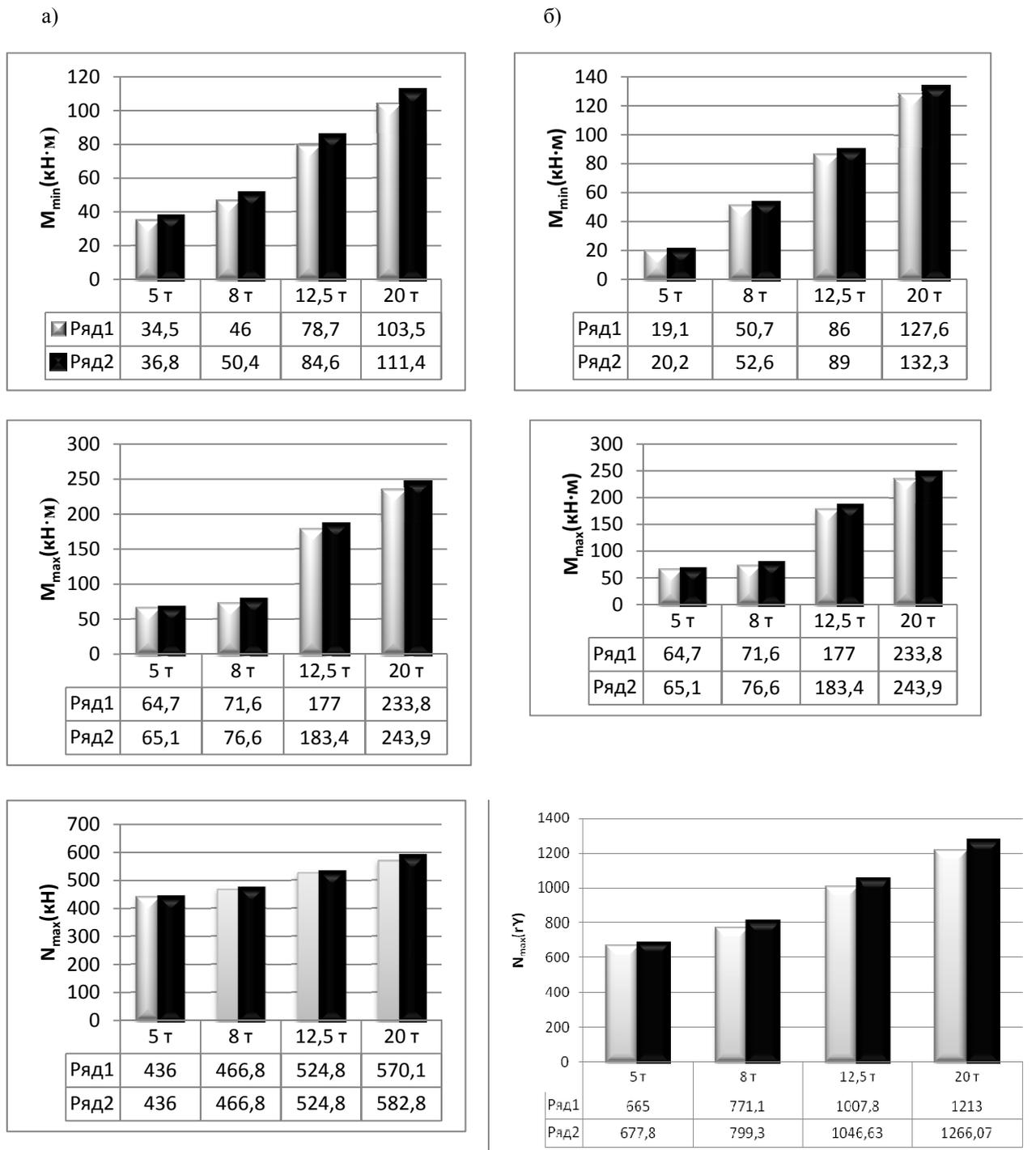


Рис. 2. Усилия в колонне при пролете 18 м:  
 а) – верхняя часть колонны; б) – нижняя часть колонны  
 ряд 1 – сочетание усилий по старым нормам [1];  
 ряд 2 – сочетание усилий по новым нормам [3]

Результаты сравнительного анализа усилий в колонне сведены в таблицу 2.

Таблица 2

**Сравнительный анализ сочетаний**

Характеристика	Среднее значение увеличения усилий, %	
	L=18 м	L=24 м
Верхняя часть колонны		
$M_{max}$	0,0 %	0,0 %
$M_{min}$	7,8 %	6,6 %
$N_{max}$	2,2 %	0,0 %
Нижняя часть колонны		
$M_{max}$	3,9 %	0,8 %
$M_{min}$	4,2 %	8,3 %
$N_{max}$	3,5 %	2,9 %

При выборе наименее выгодных сочетаний нагрузок и воздействий в соответствии с нормативным требованием [3] за одну переменную нагрузку принимали нагрузки от 2 кранов с введением дополнительного коэффициента сочетаний для этой нагрузки. Для одновременной работы двух кранов был введен коэффициент  $\psi_t = 0,85$  п. 9.18 [3].

При выполнении расчетов режим работы крана задавался средним, поэтому в длительной составляю-

щей крановой нагрузки горизонтальная нагрузка от торможения не учитывалась п. 9.5 [3].

В результате исследований было установлено, что введение новых коэффициентов для сочетания усилий, в целом, на конечные результаты усилий в колонне влияют незначительно и практически не влияют на армирование колонн.

Наибольшие изменения возникают при определении отрицательного изгибающего момента в верхней и нижней части колонн, и соответствуют при пролетах 18 и 24 метра приблизительно 8 %.

Изменения, внесенные в свод правил [3], влияют в большей степени на нижнюю часть колонн и практически не оказывают влияния на верхнюю часть колонн.

**Литература**

1. СНиП 2.01.07.-85. Нагрузки и воздействия: введен 01.01.1987. – Москва : ФГУП ЦПП, 2005. – 44 с.
2. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85: введен 20.05.2011. – Москва: Минрегион России. – 2010. – 96 с.
3. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*: введен 04.06.2017. – Москва : Минстрой России. – 2018. – 85 с.

*N.V. Mikhalevich, J.V. Kosheleva*

**IMPACT OF CHANGES IN CALCULATIONS OF SINGLE-STOREY BUILDINGS REINFORCED CONCRETE COLUMNS WHEN DESIGNING FORCE COMBINATIONS**

The article considers changes when designing force combinations introduced by SP 20.13330.2016 and their impact on the design forces of reinforced concrete columns of single-storey industrial buildings.

Combination of loads, reinforced concrete columns, calculation, one-story buildings.