

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2020, №1, Том 12 / 2020, No 1, Vol 12 <https://esj.today/issue-1-2020.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/08SAVN120.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Щуцкий В.Л., Насевич А.С., Кургин К.В., Слабуха С.С. Сравнение несущей способности стоек кольцевого сечения по различным нормам // Вестник Евразийской науки, 2020 №1, <https://esj.today/PDF/08SAVN120.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Shchutsky V.L., Nasevich A.S., Kurgin K.V., Slabukha S.S. (2020). Comparison of the bearing capacity of the racks of the ring section by various norms. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 1(12). Available at: <https://esj.today/PDF/08SAVN120.pdf> (in Russian)

УДК 69

ГРНТИ 67.11.31

Щуцкий Виктор Лукьянович

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Профессор кафедры «ЖБК»
Кандидат технических наук, профессор
E-mail: x609km@mail.com

Насевич Алина Сергеевна

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Старший преподаватель кафедры «ЖБК»
Ассистент
E-mail: x609km@mail.com

Кургин Константин Васильевич

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Доцент кафедры «ЖБК»
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: kkonst77@yandex.ru

Слабуха Светлана Сергеевна

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Студентка факультета «ПГС» (кафедра «ЖБК»)
E-mail: Svetass98@gmail.com

Сравнение несущей способности стоек кольцевого сечения по различным нормам

Аннотация. Профессор, кандидат технических наук В.Л. Щуцкий большое внимание уделяет научно-исследовательским и проектным работам в направлении совершенствования конструкций опор и технологиям их изготовления. В данной статье описывается очередной научный эксперимент и его результаты, для помощи проведения которого были приглашены следующие авторы статьи.

Авторами представлено научное исследование сравнения несущей способности стойки, предназначенной для опор высоковольтных линий электропередач. Проведенные нами исследования физико-механических свойств центрифугированного бетона, прочности и деформативности цилиндрических и конических опор ЛЭП позволили выявить некоторую некорректность расчетов по старым и новым нормам. Для выявления расхождений при расчете стоек кольцевого сечения по СНиП 2.03.01-84 и по СП 63.13330.2012 в данной статье нами

были выполнены численные эксперименты на примере железобетонной конструкции кольцевого сечения, а точнее на примере стоек опор ЛЭП. В качестве исследуемого образца была принята цилиндрическая опора ЛЭП по ГОСТ 22687.2.

В статье проанализировано изменение изгибной жесткости, критической силы, несущей способности, в реальном поле возможных загрузок при прочих равных условиях (геометрии сечений, процента армирования, классов бетона и арматуры) для стойки опоры ЛЭП.

Исследования этих авторов были положены в основу расчета железобетонных конструкций кольцевого сечения по СНиП 2.03.01-84.

Ключевые слова: железобетонные конструкции; кольцевое сечение; прочность; элемент; эксцентриситет; стойка; несущая способность; напрягаемая арматура; ненапрягаемая арматура; эксперимент; критическая сила; процент армирования; класс бетона

Введение

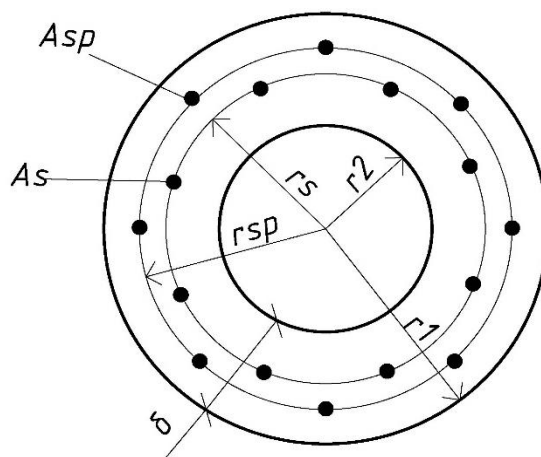
Железобетонные конструкции кольцевого сечения нашли большое применение в дорожном строительстве (безнапорные водопроводные трубы), в энергетическом строительстве (опоры ЛЭП, опоры контактных сетей), промышленном строительстве (колонны промышленных зданий) и др.

Наибольший вклад в исследование свойств центрифугированного бетона, а также прочности и деформативности конструкций кольцевого сечения при изгибе и внецентренном сжатии внесли И.Н. Ахвердов [1], А.П. Кудзис [2; 3], В.М. Баташев [5; 6], С.А. Дмитриев [6], Т.М. Пецольд [7], С.Т. Андросов, Т.Ф. Нагорная [5].

Исследования этих авторов были положены в основу расчета железобетонных конструкций кольцевого сечения по СНиП 2.03.01-84.

Результаты и эксперимент

В новых нормах СП 63.13330.2012 методика расчета элементов кольцевого сечения не претерпела существенных изменений, однако в основных уравнениях по определению относительной высоты сжатой зоны $\xi_{сж}$ и несущей способности M_{ult} не учитывается раздельное влияние напрягаемой арматуры A_{sp} и ненапрягаемой A_s (рис. 1).



r_1, r_2 – внешний и внутренний радиусы сечения; r_{sp}, r_s – радиусы напрягаемой и ненапрягаемой арматуры; A_{sp}, A_s – площади, соответственно, напрягаемой и ненапрягаемой арматуры

Рисунок 1. Схема армирования элемента кольцевого сечения (разработал В.Л. Шуцкий)

Проведенные нами исследования физико-механических свойств центрифугированного бетона [8], прочности и деформативности цилиндрических и конических опор ЛЭП [9; 10] позволили выявить некоторую некорректность расчетов по старым и новым нормам.

Рассмотрим формулы определения относительной высоты сжатой зоны бетона ξ_{cir} элементов кольцевого сечения по СНиП 2.03.01-84 в виде (1) и по СП 63.13330.2012 в виде (2):

$$\xi_{cir} = \frac{N + (\sigma_{sp} + \omega_{sp} \cdot R_{sp}) A_{sp} + \omega_s \cdot R_s A_s}{R_b \cdot A_b + (R_{scp} + \delta_{sp} \cdot \omega_{sp} \cdot R_{sp}) A_{sp} + (R_{sc} + \delta_s \cdot \omega_s \cdot R_s) A_s}, \quad (1)$$

Где $\delta_{sp(s)} = 1,5 + 6R_{sp(s)} 10^{-4}$;

$$\omega_s = 1; \omega_{sp} = 1,1 - \frac{\sigma_{sp}}{R_{sp}}$$

$$\xi_{cir} = \frac{N + R_s A_{s,tot}}{R_b A_b + (R_{sc} + 1,7 R_s) A_{s,tot}}, \quad (2)$$

Где $A_{s,tot} = A_{sp} + A_s$

Сравнение показывает, что в формуле (1) влияние напрягаемой арматуры A_{sp} и ненапрягаемой A_s учитывается дифференцированно с учетом соответствующих коэффициентов влияния $\delta_{sp(s)}$, $\omega_{sp(s)}$, а в формуле (2) отсутствует дифференцированный подход учета влияния напрягаемой и ненапрягаемой арматуры.

Аналогично сравним формулы для определения несущей способности по старым нормам¹ в виде (3) и новым нормам² в виде (4):

$$M_{ult} \leq (R_b A_b r_m + R_{scp} A_{sp} r_{sp} + R_{sc} A_s r_s) \frac{\sin(\pi \xi_{cir})}{\pi} + (R_{sp} A_{sp} \varphi_{sp} z_{sp} + R_s A_s \varphi_s z_s), \quad (3)$$

Где $\varphi_{sp(s)} = \omega_{sp(s)} (1 - \delta_{sp(s)} \xi_{cir})$;

$z_{sp(s)} = (0,2 + 1,3 \xi_{cir}) r_{sp(s)}$, а $0,15 \leq \xi_{cir} \leq 0,6$

В частном случае при расположении напрягаемой и ненапрягаемой арматуры с одинаковым радиусом (рис. 1) $r_s = r_{sp}$, плечо внутренней пары сил для напрягаемой и ненапрягаемой арматуры будет постоянным $z_s = z_{sp}$. Однако параметры φ_{sp} и φ_s будут существенно отличаться.

$$M_{ult} \leq (R_b A_b r_m + R_{sc} A_{s,tot} r_s) \frac{\sin(\pi \xi_{cir})}{\pi} + R_s A_{s,tot} (1 - 1,7 \xi_{cir}) z_s, \quad (4)$$

Где $z_s = (0,2 + 1,3 \xi_{cir}) r_s$, при этом $0,15 < \xi_{cir} \leq 0,6$

Сравнение показывает, что первые члены уравнения (3) и (4) идентичны при равенстве $r_s = r_{sp}$, однако относительная высота сжатой зоны ξ_{cir} будет отличаться. Второй член уравнений (3) и (4), отражающий влияние арматуры на несущую способность сечения значительно разнятся.

Следует заметить, что по формулам (2) и (4) не представляется возможным проанализировать в явном виде влияние соотношения между напрягаемой арматурой A_{sp} и ненапрягаемой A_s , а также влияние уровня предварительного напряжения арматуры σ_{sp} .

¹ СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с.

² СП 63.13330/2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – М., 2012. – 161 с.

Для выявления расхождений при расчете стоек кольцевого сечения по СНиП 2.03.01-84¹ и по СП 63.13330.2012² нами были проведены численные эксперименты на примере стоек опор ЛЭП. В качестве исследуемого образца была принята цилиндрическая опора ЛЭП по ГОСТ 22687.2, параметры которой приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры, исследуемой опоры ЛЭП

Тип опоры по ГОСТ	Диаметры стойки, мм		Толщина стенки, мм	Класс и кол-во арматуры		Уровень преднапряжения арматуры
	Внешний	Внутренний		Напряг. А-IV (А600)	Ненапряг. А-IV (А600)	
СП20.2-1.0	800	640	80	22d14	30d14	0,8R _{sp,n}

Составлено В.Л. Щуцкий, А.С. Насевич, К.В. Кургин, С.С. Слабуха

Количество арматуры соответствует наиболее напряженному сечению стойки в заземлении.

Изгибная жесткость стойки D и критическая сила N_{cr} определялись соответственно по формулам (5) и (6):

$$D = \frac{0,15 E_b I_b}{\varphi_l(0,3+\delta_e)} + 0,7 E_s I_s, \quad (5)$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2}, \quad (6)$$

Где $\varphi_l = 1$ при кратковременном действии нагрузки;

$\delta_e = \frac{e_0}{H}$ относительный эксцентриситет приложения внешней нагрузки N , а H – внешний диаметр стойки.

В численном эксперименте величина продольной силы N в формулах (1) и (2) варьировалась в пределах $(0,1-1,0) N_{cr}$, а величина $\delta_e = 0,15-0,75$.

Это позволило проанализировать в численном эксперименте для исследуемой стойки изменение изгибной жесткости D , критической силы N_{cr} , несущей способности M_{ult} , в реальном поле возможных загрузок при прочих равных условиях (геометрии сечений, процента армирования, классов бетона и арматуры).

В табл. 2 приведены результаты расчета ξ_{cir} по СНиП 2.03.01-84¹, а в табл. 3 результаты расчета ξ_{cir} по СП 63.13330/2012² в зависимости от отношения N/N_{cr} и δ_e . На рис. 2 показаны графики изменения ξ_{cir} при значениях $\delta_e = 0,15; 0,45; 0,75$ в зависимости от отношения N/N_{cr} .

Анализ этих данных показывает, что при увеличении δ_e значения ξ_{cir} уменьшаются, но при этом полученные значения в результате расчета по СНиП и по СП сближаются. Так, например, при расчете по СНиП¹ при отношении $N/N_{cr} = 0,5$ значение ξ_{cir} изменяется от 0,4260 ($\delta_e = 0,15$) до 0,3879 ($\delta_e = 1$). А при расчете по СП² при тех же параметрах значение ξ_{cir} изменяется от 0,3631 ($\delta_e = 0,15$) до 0,3282 ($\delta_e = 1$). Эта закономерность наглядно просматривается на графиках рис. 2.

Следует отметить, что значения ξ_{cir} по СНиП¹ превышают их величины по СП², при этом графики почти параллельны и имеет место их сближение с увеличением δ_e .

Таблица 2

Изменение ξ_{cir} в зависимости от отношения N/N_{cr} и δ_e (СНиП)

δ_e	ξ_{cir} при соотношении N/N_{cr}									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
0,15	0,3548	0,3726	0,3904	0,4082	0,4260	0,4437	0,4615	0,4793	0,4971	0,5149

δ_e	ξ_{cir} при соотношении N/N_{cr}									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
0,3	0,3519	0,3668	0,3817	0,3965	0,4114	0,4263	0,4412	0,4561	0,4709	0,4858
0,45	0,3502	0,3633	0,3764	0,3896	0,4027	0,4158	0,4290	0,4421	0,4552	0,4684
0,6	0,3490	0,3610	0,3729	0,3849	0,3969	0,4089	0,4208	0,4328	0,4448	0,4567
0,75	0,3482	0,3593	0,3705	0,3816	0,3927	0,4039	0,4150	0,4261	0,4373	0,4484
0,9	0,3476	0,3581	0,3686	0,3791	0,3896	0,4001	0,4106	0,4212	0,4317	0,4422
1	0,3472	0,3574	0,3676	0,3778	0,3879	0,3981	0,4083	0,4185	0,4287	0,4388

Составлено В.Л. Шуцкий, А.С. Насевич, К.В. Кургин, С.С. Слабуха

Таблица 3

Изменение ξ_{cir} в зависимости от отношения N/N_{cr} и δ_e (СП)

δ_e	ξ_{cir} при соотношении N/N_{cr}									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,15	0,2978	0,3141	0,3304	0,3468	0,3631	0,3795	0,3958	0,4121	0,4285	0,4448
0,3	0,2951	0,3088	0,3224	0,3361	0,3498	0,3634	0,3771	0,3908	0,4044	0,4181
0,45	0,2935	0,3056	0,3176	0,3297	0,3418	0,3538	0,3659	0,3779	0,3900	0,4021
0,6	0,2924	0,3034	0,3144	0,3254	0,3364	0,3474	0,3584	0,3694	0,3804	0,3914
0,75	0,2917	0,3019	0,3121	0,3224	0,3326	0,3428	0,3531	0,3633	0,3735	0,3837
0,9	0,2911	0,3008	0,3104	0,3201	0,3297	0,3394	0,3490	0,3587	0,3684	0,3780
1	0,2908	0,3001	0,3095	0,3188	0,3282	0,3375	0,3469	0,3562	0,3656	0,3749

Составлено В.Л. Шуцкий, А.С. Насевич, К.В. Кургин, С.С. Слабуха

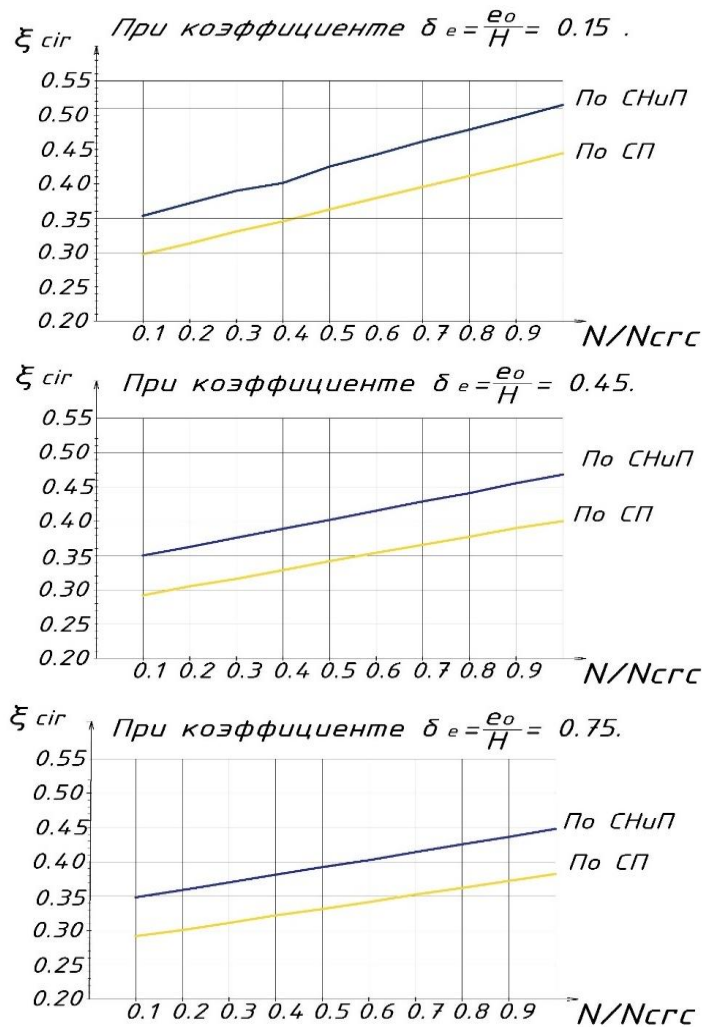


Рисунок 2. Изменение ξ_{cir} в зависимости от отношения N/N_{cr} и δ_e (разработал В.Л. Шуцкий)

В табл. 4 приведены результаты расчета несущей способности стоек M_{ult} по СНиП 2.03.01-84¹, а в табл. 5 результаты расчета M_{ult} по СП 63.13330/2012² в зависимости от отношения N/N_{cr} и δ_e . На рис. 3 показаны графики изменения M_{ult} при значениях $\delta_e = 0,15; 0,45; 0,75$ в зависимости от отношения N/N_{cr} .

Анализ этих данных показывает, что при увеличении δ_e значения M уменьшаются, но при этом полученные значения в результате расчета по СНиП и по СП сближаются. Так, например, при расчете по СНиП¹ при отношении $N/N_{cr} = 0,5$ значение момента изменяется от 1288,8 кН*м ($\delta_e = 0,15$) до 1271,9 кН*м ($\delta_e = 1$). А при расчете по СП² при тех же параметрах значение момента изменяется от 1330,29 кН*м ($\delta_e = 0,15$) до 1297,86 кН*м ($\delta_e = 1$). Эта закономерность наглядно просматривается на графиках рис. 3.

Таблица 4

Изменение M в зависимости от отношения N/N_{cr} и δ_e по СНиП

δ_e	M_{ult} (кНм) при соотношении N/N_{cr}									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
0,15	1242,1	1259,9	1273,6	1283,3	1288,8	1290,1	1287,1	1279,8	1268,2	1252,3
0,3	1238,8	1254,5	1267,4	1277,4	1284,6	1288,8	1290,1	1288,5	1283,8	1276,1
0,45	1236,8	1251,1	1263,2	1273,1	1280,7	1286,1	1289,3	1290,1	1288,6	1284,8
0,6	1235,4	1248,7	1260,2	1269,8	1277,6	1283,5	1287,6	1289,8	1290,0	1288,3
0,75	1234,4	1247,0	1257,9	1267,3	1275,1	1281,3	1285,9	1288,8	1290,1	1289,7
0,9	1233,7	1245,6	1256,2	1265,3	1273,1	1279,4	1284,3	1287,7	1289,6	1290,1
1	1233,3	1244,9	1255,2	1264,3	1271,9	1278,3	1283,3	1287,0	1289,2	1290,1

Составлено В.Л. Шуцкий, А.С. Насевич, К.В. Кургин, С.С. Слабуха

Таблица 5

Изменение M в зависимости от отношения N/N_{cr} и δ_e по СП

δ_e	M_{ult} (кНм) при соотношении N/N_{cr}									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
0,15	1259,3	1281,2	1300,3	1316,7	1330,3	1341,0	1348,8	1353,7	1355,7	1354,8
0,3	1255,5	1274,3	1291,2	1306,3	1319,4	1330,5	1339,6	1346,7	1351,8	1354,8
0,45	1253,2	1270,1	1285,5	1299,5	1311,9	1322,9	1332,3	1340,1	1346,4	1351,1
0,6	1251,6	1267,2	1281,5	1294,7	1306,6	1317,3	1326,7	1334,7	1341,5	1347,0
0,75	1250,5	1265,1	1278,7	1291,2	1302,6	1313,0	1322,3	1330,4	1337,4	1343,3
0,9	1249,7	1263,5	1276,5	1288,5	1299,5	1309,6	1318,8	1326,9	1334,0	1340,1
1	1249,2	1262,9	1275,3	1287,0	1297,9	1307,8	1316,8	1324,9	1332,1	1338,3

Следует отметить, что несущая способность M_{ult} по СНиП¹ постоянно возрастает с увеличением N/N_{cr} , а по СП² наблюдается снижение M_{ult} при определенных значениях N/N_{cr} в зависимости от величины относительного эксцентриситета δ_e . Так например при $\delta_e = 0,15$ M_{ult} по СП² начинает уменьшаться при $N/N_{cr} \geq 0,6$, а при $\delta_e = 0,45$ снижение начинается при $N/N_{cr} \geq 0,85$ (см. графики рис. 3).

Причину этой некорректности в расчетах несущей способности стоек кольцевого сечения следует объяснить тем, что в новых нормах² отсутствует дифференцированный подход к учету влияния напрягаемой арматуры A_{sp} и ненапрягаемой A_s при определении относительной величины сжатой зоны ξ_{cir} по формуле (2) и M_{ult} по формуле (4). Как следует из графиков изменения несущей способности стоек (рис. 4) сходимость в расчетах заметно улучшается с увеличением δ_e .

Это улучшение сходимости связано также с характером изменения жесткости стойки D по формуле (5) и критической силы N_{cr} по формуле (6).

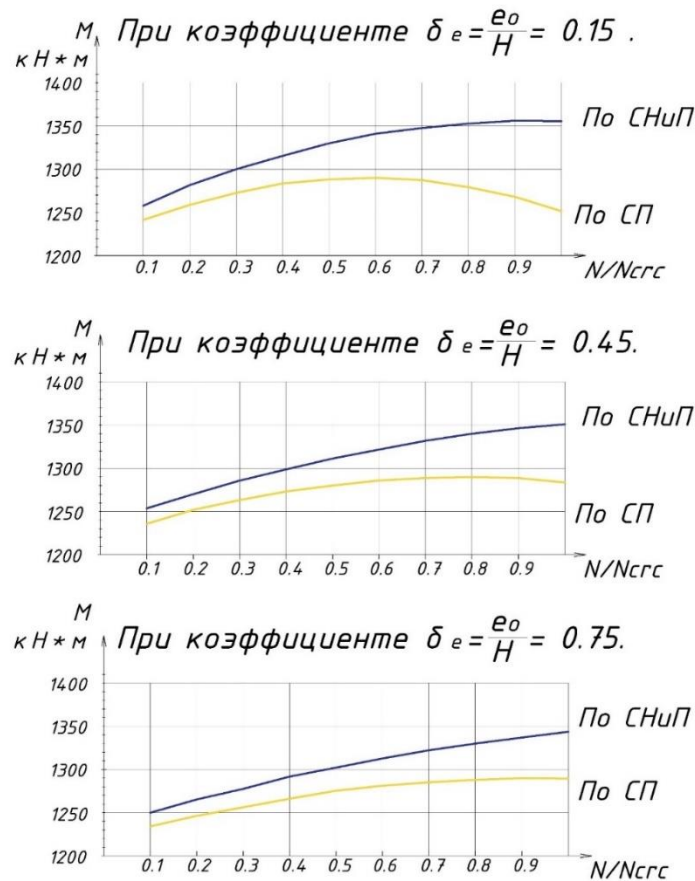


Рисунок 3. Изменение M в зависимости от отношения N/N_{cr} и δ_e (разработал В.Л. Щуцкий)

В табл. 6 приведены результаты расчета жесткости (D) стойки по СП 63.13330/2012² в зависимости от эксцентриситета (δ_e). На рис. 4 показаны графики изменения D бетона, арматуры и общей жесткости стойки при различных значениях δ_e от 0,15 до 1,5.

Таблица 6

Изменение жесткости стойки в зависимости от эксцентриситета

δ_e	$D_{\text{бетона}} \cdot 10^{-7} \text{ Н} \cdot \text{мм}^2$	$D \cdot 10^{-7} \text{ Н} \cdot \text{мм}^2$
0,15	1525,29	2332,06
0,30	1143,97	1950,74
0,45	915,17	1721,95
0,60	762,64	1569,42
0,75	653,70	1460,47
0,90	571,98	1378,76
1,00	527,98	1334,76
1,05	508,43	1315,20
1,20	457,59	1264,36
1,35	415,99	1222,76
1,50	381,32	1188,10

Составлено В.Л. Щуцкий, А.С. Насевич, К.В. Кургин, С.С. Слабуха

Анализ этих данных показывает, что при увеличении δ_e значения D бетона уменьшается, а D арматуры остается постоянным и равным 806,77 Н*мм². Таким образом при увеличении эксцентриситета жесткость стойки уменьшается, что наглядно показано на рис. 4.

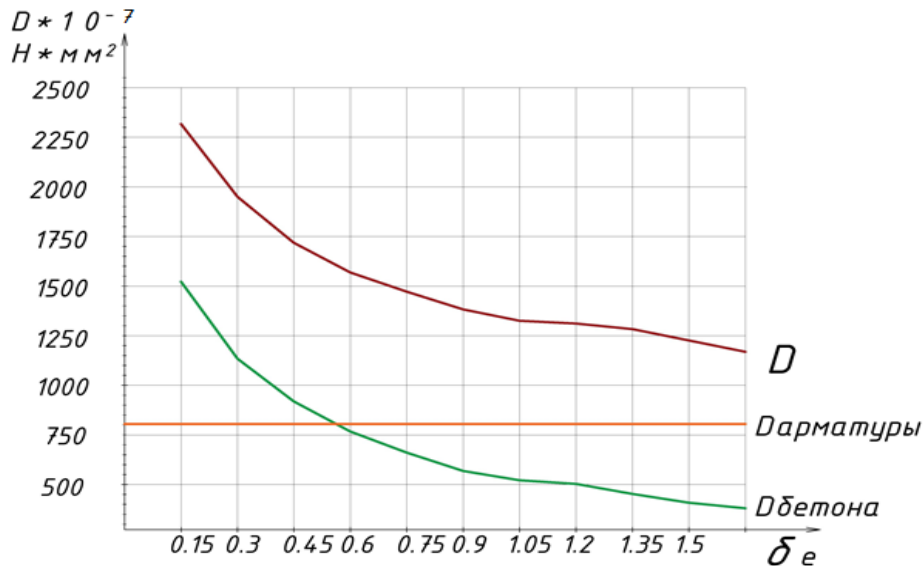


Рисунок 4. Изменение жесткости в зависимости δ_e Разработал В.Л. Щуцкий

Рассматривая формулы (5) и (6) и графики изменения жесткости стойки (рис. 4) не трудно убедиться в том, что графики изменения критической силы N_{cr} функции δ_e будут аналогичны графикам $D = f(\delta_e)$.

По этой причине сходимость значений ξ_{cir} по формулам (1) и (2) улучшается (см. рис. 2), а также улучшается сходимость M_{ult} по формулам (5) и (6) (см. рис. 2) с увеличением δ_e и N/N_{cr} .

Выводы

1. Значения относительной величины высоты сжатой зоны стоек кольцевого сечения ξ_{cir} , определенные по СНиП¹ значительно превышает их величину по СП².
2. Величина ξ_{cir} уменьшается с увеличением относительного эксцентриситета продольной силы δ_e , при этом с увеличением δ_e и N/N_{cr} графики $\xi_{cir} = f(\delta_e)$ сближаются (рис. 2).
3. Несущая способность стоек кольцевого сечения M_{ult} по СНиП¹ постоянно увеличивается с возрастанием N/N_{cr} , а по СП² наблюдается снижение M_{ult} при определенных значениях N/N_{cr} (см. рис. 3). При этом сходимость графиков $M_{ult} = f(N/N_{cr})$ по разным нормам улучшается с увеличением δ_e .
4. Выявленная в численном эксперименте некорректность расчетов несущей способности стоек кольцевого сечения по нормам СНиП¹ и СП² связано с тем, что в новых нормах² отсутствует дифференцированный учет влияния напрягаемой арматуры A_{sp} и ненапрягаемой A_s при определении ξ_{cir} по формуле (2), а также M_{ult} по формуле (4).
5. В новых нормах² для расчета стоек кольцевого сечения заложены более высокие коэффициенты надежности по сравнению с нормами¹. Однако при проведении научных экспериментов и исследований с элементами кольцевого сечения по сравнению опытных результатов с теоретическими следует отдавать предпочтение нормам¹.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахвердов Н.Н. Железобетонные напорные центрифугированные трубы. Госстройиздат, 1969.
2. Кудзис А.П. О расчете по прочности внецентренно сжатых элементов кольцевого сечения при малых эксцентриситетах. Труды КПИ «Исследования по железобетонным конструкциям» Вильнюс, 1969.
3. Кудзис А.П. Железобетонные конструкции кольцевого сечения. Вильнюс: Минтис, 1975. 224 с.
4. Баташев В.М., Нагорная Т.Ф. Исследования прочности внецентренно сжатых железобетонных элементов кольцевого сечения // Реферативный сборник Межотраслевые вопросы строительства. 1969. Вып. 12. ЦНИИС Госстроя СССР.
5. Баташев В.М., Андросов, С.Т., Лебедев В.Н., Нагорная Т.Ф., Расчет прочности изгибаемых и внецентренно сжатых железобетонных элементов кольцевого и круглого сечения // Бетон и железобетон. №5. С. 31–34.
6. Дмитриев С.А., Баташев В.М., Деформации (прогибы) железобетонных элементов кольцевого сечения и раскрытие трещин в них. Сборник трудов НИИЖБ "Особенности деформаций бетона и железобетона и использование ЭВМ для оценки их влияния на поведение конструкций". Стройиздат, Москва, 1969, С. 157–189.
7. Пецольд Т.М. Железобетонные центрифугированные конструкции промышленных зданий и сооружений: Дис. ... док. тех. наук: Минск, 1983. 459 с.
8. Щуцкий В.Л., Дедух Д.А., Гриценко М.Ю. Исследование физико-механических свойств центрифугированного бетона // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», №2 ч.2, 2015. – http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_81_Shucki.pdf_4abcf9232c.pdf свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
9. Щуцкий В.Л., Шилов А.В., Талипова Т.Д. Прочность конических опор линий электропередач с учетом ограничений по второй группе предельных состояний // Электронный научный журнал «Наукovedenie», Том 8 №2 (2016) <http://naukovedenie.ru>.
10. «Crack strength and deformability of power transmission line conical poles (Трещиностойкость и деформативность конических опор ЛЭП)» Авторы: A.S. Nasevich, V.L. Shchutskiy, S.A. Stelmakh, O.V. Antipov (А.С. Насевич, В.Л. Щуцкий, О.В. Антипов).

Shchutsky Victor Lukyanovich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: x609km@mail.com

Nasevich Alina Sergeevna

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: x609km@mail.com

Kurgin Konstantin Vasilievich

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: kkonst77@yandex.ru

Slabukha Svetlana Sergeevna

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: Svetass98@gmail.com

Comparison of the bearing capacity of the racks of the ring section by various norms

Abstract. Our studies of the physical and mechanical properties of centrifuged concrete, strength and deformability of cylindrical and conical transmission towers allowed us to reveal some inaccuracy of calculations according to the old and new standards. To identify discrepancies in the calculation of the racks of the ring section according to SNiP 2.03.01-84 and SP 63.13330.2012, we conducted numerical experiments on the example of the racks of transmission towers. A cylindrical power line support according to GOST 22687.2 was taken as the test sample.

Keywords: reinforced concrete structures; annular section; strength; element; eccentricity; stand; load-bearing capacity; tensile reinforcement; non-tensile reinforcement; experiment; critical force; percentage of reinforcement; concrete class