

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 23.06.2023 11:16:01

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования

«Юго-Западный государственный университет»

(ЮЗГУ)

Кафедра промышленное и гражданское строительство

УТВЕРЖДАЮ

О.Г. Локтионова

«23» 06

2023 г.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ И РАСЧЕТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ, МОДУЛЯ УПРУГОСТИ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания по выполнению практической работы по дисциплине
«Железобетонные и каменные конструкции» для студентов всех форм обучения
направления подготовки - Строительство

УДК 624.012.4

Составители: Е.Г.Пахомова, Р.А.Марков, Д.С.Волкова

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *А.В. Масалов*

Определение нормативных и расчетных сопротивлений, модуля упругости материалов: методические указания по выполнению практической работы по дисциплине «Железобетонные и каменные конструкции» для студентов всех форм обучения направления подготовки - Строительство / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Е.Г. Пахомова, Р.А. Маркова, Д.С. Волкова. - Курск, 2023. - 25 с.: ил. 2, табл. 1. – Библиогр.: с. 26

Содержат сведения об основных показателях свойств арматурной стали. Указывается порядок отбора образцов, выполнения и обработки результатов испытаний. Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки – Строительство очной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать

Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 1,45, Уч.-изд.л. 1,31. Тираж 100 экз. Заказ *561*. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет. 305040, г. Курск,
ул. 50 лет Октября, 94.

Общая часть

При подготовке бакалавра по направлению подготовки 08.03.01 - Строительство значительное время отведено на изучение строительных конструкций: металлических и деревянных, бетонных и железобетонных, каменных и армокаменных, оснований и фундаментов. Как видим, все эти конструкции изготавливают из различных материалов, которые имеют различные характеристики свойств, используемых при проектировании.

В то же время многие вопросы проектирования, в частности определение расчетных факторов, имеют общий характер для всех видов конструкций.

К расчетным факторам относятся:

- характеристики сопротивления материалов;
- характеристики деформативных свойств материалов.

При расчете конструкций используют нормативные и расчетные характеристики материалов:

- прочность материалов на сжатие (если конструкция или ее часть подвержена сжатию);
- прочность материалов на растяжение (если конструкция или ее часть подвержена растяжению);
- прочность на срез и т.д.

В соответствии с квалификационными требованиями, предъявляемыми к выпускнику университета по вышеуказанному направлению подготовки, бакалавр должен уметь определить, в частности, прочностную характеристику материала конструкции в различные сроки ее эксплуатации или, например, определить прочность материала в процессе изготовления монолитной железобетонной или бетонной конструкции и соответствие ее проектной.

При выполнении настоящего практического занятия студент должен получить знания о том, как устанавливаются нормативные и расчетные характеристики материалов; знать взаимосвязь характеристик материалов.

Прочностные свойства материалов зависят от многих факторов:

- состава (химического, минералогического, гранулометрического и т.п.);
- технологии изготовления;
- степени контроля качества;

- условий испытаний и т.д.

Добиться полной стабильности (неизменяемости) какого-либо свойства практически невозможно. Попытки добиться уменьшения разброса свойств на 1-2% приводит к удорожанию материалов в несколько раз.

Изменчивость свойств материалов рассматривают как совокупность случайных событий, и поэтому при назначении нормируемых параметров используют методы математической статистики и теории вероятности.

При изучении свойств материалов и при выборочном контроле на производстве получают совокупность опытных значений показателя прочности R (предела текучести стали, кубиковой прочности бетона, временного сопротивления древесины и т.д.). Для достоверности проводят сотни и тысячи испытаний в течение длительного периода времени. Результаты подвергают статистической обработке.

Первоначально строят так называемый «статистический ряд». Для этого весь диапазон результатов делят на интервалы или «разряды» и определяют количество значений, которое приходится на каждый разряд. Затем составляют таблицу, которую и называют «статистический ряд».

Пример статистического ряда приведен в табл. 1

Таблица 1

Статистический ряд призмной прочности бетона

№ п/п	Границы интервалов призмной прочности бетона, R_i , МПа	Количество образцов, n_i
1	30-31	2
2	31-32	3
3	32-33	5
4	33-34	8
5	34-35	14
6	35-36	19
7	36-37	24
8	37-38	35
9	38-39	49
10	39-40	45
11	40-41	38
12	41-42	30

13	42-43	22
14	43-44	26
15	44-45	20
16	45-46	18
17	46-47	17
18	47-48	15
19	48-49	5
20	49-50	2
21	50-51	1
Всего образцов $n = \sum n_i$		398

Графическое построение статистического ряда получило название «гистограмма».

Пример построения гистограммы показан на рис. 1.

Если количество испытанных образцов достаточно велико, составляет десятки или сотни тысяч результатов, то гистограмма может принимать вид непрерывной кривой. Для ее описания чаще всего используют закон нормального распределения или кривую распределения Гаусса. На рис. 2 показана кривая нормального распределения.

Среднее значение показателя прочности всех образцов статистического ряда определяют по формуле:

$$R_m = \sum(n_i \cdot R_i) / n \quad (1)$$

Заметим, что среднее значение показателя прочности до начала 80-х годов 20 столетия соответствовало марке бетона. Как видно на кривой распределения только половина всех испытанных образцов отвечало марочной прочности, т.е. обеспеченность показателя прочности бетона была равна 50%.

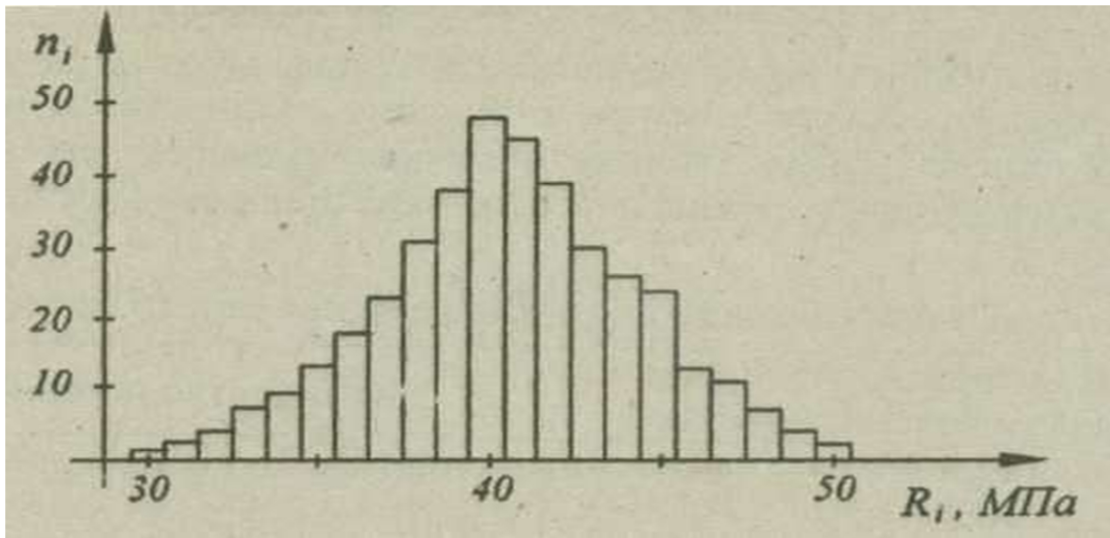


Рис.1. Гистограмма кубиковой прочности бетона

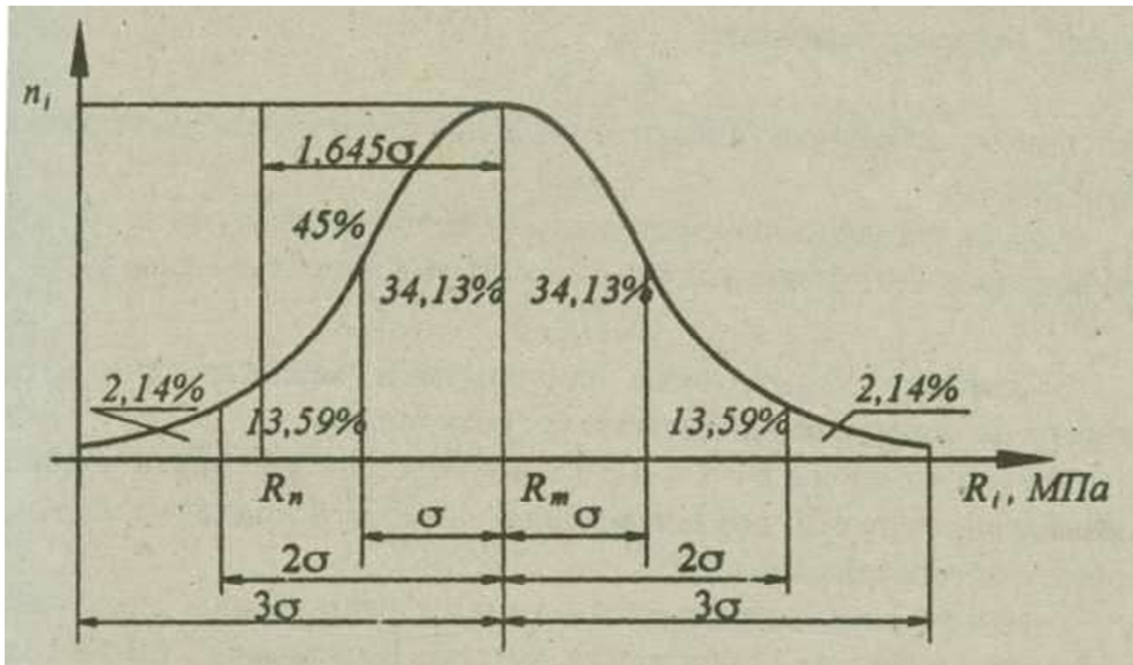


Рис. 2. Кривая нормального распределения R_m - среднее значение показателя прочности (среднее арифметическое по всем испытанным образцам)

Для анализа экспериментальных данных, подчиняющихся закону нормального распределения, используют среднеквадратичное отклонение, называемое стандартом - σ , определяемое по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\sum n_i (R_i - R_m)^2 / (n-1)}. \quad (2)$$

Площадь под кривой между определенными значениями прочности представляет собой количество результатов, разместившихся в этом интервале. Так, интервал $R_m \pm 2\sigma$ включает

95,44%, а интервал $R_m \pm 3\sigma$ - 99,72%. В нормативных документах, в частности СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции», нормативные значения прочности бетона приведены с 95% обеспеченностью или по-другому доверительной вероятностью, что соответствует величине $R_n = R_m - 1,645\sigma$, т.е. справа от точки R_n находятся более высокие значения прочности.

Аналогичным образом устанавливают нормативные значения прочности других материалов с учетом особенностей их работы под нагрузкой. Так, например, при испытании металлов за критерий прочности принимают физический (для мягких сталей) или условный (для твердых сталей) пределы текучести; для бетона - временное сопротивление.

Таким образом, нормативное сопротивление материала - предельное (минимально допустимое) напряжение, которое воспринимает данный материал, с обеспеченностью 95%.

Расчетное сопротивление материала - предельное (минимально допустимое) напряжение, которое выдерживает данный материал с обеспеченностью 99,7% (при расчете по предельным состояниям первой группы) или 95% (при расчете по предельным состояниям второй группы).

Для перехода от нормативных к расчетным сопротивлениям нормы проектирования вводят коэффициенты надежности по материалу - γ_m , как отношение нормативного сопротивления к расчетному:

$$\gamma_m = R_n / R = (R_m - 1,645\sigma) / (R_m - 3\sigma). \quad (3)$$

После преобразований получим

$$\gamma_m = (1 - 1,645v) / (1 - 3v), \quad (4)$$

где v - коэффициент вариации (коэффициент изменчивости).

$$v = \sigma / R_m. \quad (5)$$

Как видим, коэффициент надежности по материалу зависит от коэффициента вариации, который в свою очередь зависит от многих факторов; одним из важнейших является степень контроля по технологическим переделам.

Опытным путем установлена связь между степенью контроля и кубиковой прочностью обычного тяжелого бетона (см. табл. 2).

Таблица 2

Степень контроля	Коэффициент вариации, v
Сверхотличная, достижимая только в хорошо контролируемых лабораторных испытаниях НИИ	0,05
Отличная, достигаемая в контрольных испытаниях НИИ	0,10
Отличная в производственных условиях	0,12
Хорошая в производственных условиях	0,15
Удовлетворительная в производственных условиях	0,18
Не вполне удовлетворительная	0,20
Плохая	0,25

Для металлов однородность структуры и стабильность прочностных показателей значительно выше. Коэффициенты вариации предела текучести колеблются от 0,017 до 0,1 в зависимости от марок стали.

Пример 1. Определить нормативные и расчетные характеристики стального проката по результатам испытаний (см. табл.3 - статистический ряд) и марку стали по СП 16.13330.2011 - Стальные конструкции.

Таблица 3

Статистический ряд испытаний предела текучести стали

№ п/п	Интервал значений пределов текучести $R_{im} \pm 5$, МПа	Количество образцов, n_i
1	420	2
2	430	5
3	440	8
4	450	15
5	460	19
6	470	26
7	480	29
8	490	38
9	500	32
10	510	25
11	520	21
12	530	16
13	540	8
14	550	6
15	560	2
16	570	1
	Всего образцов $n = \sum n_i$	253

Результаты первичной обработки результатов испытаний предела текучести стали (R_y - у - от англ.) приведены в табл.4.

Таблица 4

R_{im} , МПа	Количество образцов n_i	$n_i \cdot R_{im}$, МПа	$R_{im} - R_m$, МПа	$n_i (R_{im} - R_m)^2$, МПа
420	2	840	- 71	10082
430	5	2150	- 61	18605
440	8	3520	- 51	20808
450	15	6750	- 41	25215
460	19	8740	- 31	18259
470	26	12220	- 21	11466

480	29	13920	- 11	3509
490	38	18620	- 1	38
500	32	16000	9	2592
510	25	12750	19	9025
520	21	10920	29	17661
530	16	8480	39	24336
540	8	4320	49	19208
550	6	3300	59	20886
560	2	1120	69	9522
570	1	570	79	6241
Σ	253	124220	(+64)	217453

Вычислим среднее значение предела текучести стали по формуле (1):

$$R_m = \Sigma(n_i \cdot R_i) / n = 124220 / 253 = 491,0 \text{ МПа.}$$

Среднее квадратичное отклонение (стандарт) определим по формуле (2):

$$\sigma = \sqrt{\Sigma n_i (R_i - R_m)^2 / (n - 1)} = \sqrt{217453 / (253 - 1)} = 29,4 \text{ МПа.}$$

Коэффициент вариации вычислим по формуле (5):

$$v = \sigma / R_m = 29,4 / 491 = 0,06.$$

Коэффициент надежности по материалу - по формуле (4):

$$\gamma_m = (1 - 1,645v) / (1 - 3v) = (1 - 1,645 \cdot 0,06) / (1 - 3 \cdot 0,06) = 1,099.$$

Нормативное сопротивление по пределу текучести определим при обеспеченности значений 95% по формуле:

$$R_{yn} = (R_m - 1,645\sigma) = R_m(1 - 1,645v) = 491,0(1 - 1,645 \cdot 0,06) = 442,5 \text{ МПа.}$$

Расчетное сопротивление для первой группы предельных состояний определяют при обеспеченности значений 99,72% по формуле:

$$R_y = R_m(1 - 3v) = 491,0(1 - 3 \cdot 0,06) = 402,6 \text{ МПа,}$$

или делением нормативного значения на коэффициент надежности по материалу:

$$R_y = R_{yn} / \gamma_m = 442,5 / 1,099 = 402,6 \text{ МПа.}$$

Сопоставляя полученные результаты с данными табл. 51* [СП 16.13330.2011 - Стальные конструкции], приходим к выводу, что испытанный материал соответствует стали С440, для которой нормами установлено:

$$R_{yn} = 440 \text{ МПа и } R_y = 400 \text{ МПа.}$$

В практике проектирования строительных конструкций (для расчетов) необходимо использовать расчетные характеристики материалов.

Выполняя задания 1 и 2, студент должен научиться определять расчетные характеристики по СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции» и по СП 16.13330.2011 – «Стальные конструкции» и другим СП.

В практике строительства во многих случаях бывает необходимо установить прочностные характеристики материалов (например, при возведении фундаментов, монолитных ростверков и т.д.).

Выполняя задания 3 и 4, студент должен научиться определять характеристики материалов по результатам испытаний и их статистической обработки; сопоставляя полученные характеристики с данными соответствующих норм (СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции» и по СП 16.13330.2011 – «Стальные конструкции») студент должен установить марки или классы испытанных материалов и соответствие их проектным.

Задания для самостоятельной работы

Задание № 1. Выписать нормативные и расчетные сопротивления, а также модуль упругости стали из СП 16.13330.2011—«Стальные конструкции» (см. Приложение 5).

Исходные данные принять по таблице 5. Результаты работы представить в табличной форме по Приложению 1.

Задание № 2. Выписать нормативные и расчетные характеристики прочности бетона, а также начальный модуль упругости из СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции» (см. Приложение 3 и 4).

Исходные данные принять по табл. 6. Результаты работы представить в табличной форме по Приложению 2.

Задание № 3. Выполнить статистическую обработку результатов испытаний призм из обычного тяжелого бетона и установить класс испытанного бетона по прочности на сжатие в соответствии СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции» (см. Приложение 3).

Исходные данные принять по табл. 7.

Задание № 4. Выполнить статистическую обработку результатов испытаний предела текучести стали; определить нормативное и расчетное сопротивление этой стали и установить марку стали в соответствии СП 16.13330.2011 – «Стальные конструкции» (см. Приложение 5).

Исходные данные принять по табл. 6.

Таблица 5

Номер по списку группы	Сталь	ГОСТ	Вид проката	Толщина проката, Мм
1	C235	ГОСТ 27772-88	Лист	2-20
2	C245		Лист	20-30
3	C255		Лист	4-10
4	C275		Лист	10-20
5	C285		Лист	4-10
6	C345		Лист	40-60
7	C375		Лист	10-20
8	C390		Лист	4-20
9	C590		Лист	10-36
10	C235		Фасонный	20-40
11	C245		Фасонный	20-30
12	C255		Фасонный	10-20
13	C275		Фасонный	2-10
14	C285		Фасонный	4-10
15	C345		Фасонный	10-20
16	C375		Фасонный	2-10
17	C390		Лист	40
18	C590		Лист	30
19	C235		Лист	40
20	C245		Лист	25
21	C255		Лист	20-40
22	C275		Лист	15
23	C285		Фасонный	10-20
24	C345		Фасонный	20-40
25	C375		Фасонный	10-20
26	C390		Лист	20
27	C590		Лист	20
28	C235		Лист	20
29	C245		Лист	30

Номер по списку группы	Вид бетона	Класс бетона
1	Тяжелый или мелкозернистый	B10
2	Легкий	B15
3	Ячеистый	B2,5
4	Тяжелый или мелкозернистый	B25
5	Тяжелый или мелкозернистый	B12,5
6	Тяжелый или мелкозернистый	B45
7	Ячеистый	B15
8	Тяжелый или мелкозернистый	B40
9	Легкий	B12,5
10	Ячеистый	B5
11	Тяжелый или мелкозернистый	B30
12	Тяжелый или мелкозернистый	B20
13	Ячеистый	B12,5
14	Легкий	B10
15	Тяжелый или мелкозернистый	B7,5
16	Тяжелый или мелкозернистый	B35
17	Ячеистый	B3,5
18	Легкий	B7,5
19	Тяжелый или мелкозернистый	B15
20	Тяжелый или мелкозернистый	B3,5
21	Легкий	B5
22	Ячеистый	B10
23	Тяжелый или мелкозернистый	B60
24	Тяжелый или мелкозернистый	B55
25	Тяжелый или мелкозернистый	B50
26	Легкий	B3,5
27	Ячеистый	B7,5
28	Тяжелый или мелкозернистый	B5
29	Тяжелый или мелкозернистый	B3,5
30	Легкий	B2,5

Номер по списку группы											
1			2			3			4		
№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 2$, МПа	n_i
1	5	1	1	10	1	1	15	1	1	7	2
2	6	2	2	11	2	2	16	3	2	9	3
3	7	3	3	12	4	3	17	4	3	10	5
4	8	7	4	13	8	4	18	8	4	12	9
5	9	23	5	14	21	5	19	22	5	14	23
6	10	24	6	15	20	6	20	23	6	16	24
7	11	12	7	16	18	7	21	20	7	18	21
8	12	4	8	17	7	8	22	6	8	20	7
9	13	2	9	18	3	9	23	3	9	22	3
10	14	1	10	19	1	10	24	1	10	24	1

Продолжение табл.7

Номер по списку группы											
5			6			7			8		
№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i
1	25	1	1	20	1	1	6	1	1	10	2
2	26	2	2	21	2	2	7	2	2	11	3
3	27	3	3	22	3	3	8	3	3	12	5
4	28	6	4	23	6	4	9	8	4	13	8
5	29	19	5	24	20	5	10	18	5	14	19
6	30	23	6	25	21	6	11	19	6	15	21
7	31	21	7	26	23	7	12	17	7	16	22
8	32	4	8	27	5	8	13	5	8	17	7
9	33	2	9	28	3	9	14	2	9	18	3
10	34	1	10	29	1	10	15	1	10	19	1

Номер по списку группы											
9			10			11			12		
№ п/п	$R_i \pm 2$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 2$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 3$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i
1	8	1	1	10	1	1	5	1	1	9	1
2	10	3	2	12	3	2	8	2	2	10	3
3	12	5	3	14	5	3	11	3	3	11	5
4	14	18	4	16	17	4	14	13	4	12	14
5	16	16	5	18	19	5	17	16	5	13	16
6	18	17	6	20	18	6	20	15	6	14	18
7	20	11	7	22	12	7	23	9	7	15	17
8	22	7	8	24	6	8	26	3	8	16	7
9	24	2	9	26	3	9	29	2	9	17	2
10	26	2	10	28	1	10	32	1	10	18	1

Номер по списку группы											
13			14			15			16		
№ п/п	$R_i \pm 2$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 2$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 2$, МПа	n_i
1	3	1	1	4	1	1	5	2	1	18	1
2	5	2	2	5	2	2	7	3	2	20	2
3	7	3	3	6	4	3	9	4	3	22	4
4	9	18	4	7	19	4	11	17	4	24	12
5	11	27	5	8	25	5	13	40	5	26	15
6	13	33	6	9	18	6	15	42	6	28	17
7	15	15	7	10	20	7	17	18	7	30	16
8	17	3	8	11	3	8	19	4	8	32	7
9	19	2	9	12	2	9	21	3	9	34	4
10	21	1	10	13	2	10	23	2	10	36	1

Номер по списку группы											
17			18			19			20		
№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 2$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 2$, МПа	n_i
1	13	1	1	9	1	1	5	1	1	6	1
2	14	3	2	10	3	2	7	2	2	8	3
3	15	6	3	11	5	3	9	4	3	10	6
4	16	16	4	12	17	4	11	14	4	12	16
5	17	19	5	13	19	5	13	17	5	14	19
6	18	17	6	14	18	6	15	20	6	16	17
7	19	12	7	15	15	7	17	17	7	18	16
8	20	6	8	16	5	8	19	7	8	20	5
9	21	2	9	17	2	9	21	2	9	22	2
10	22	1	10	18	1	10	23	1	10	24	1

Номер по списку группы											
21			22			23			24		
№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i
1	8	1	1	4	1	1	3	1	1	5	1
2	9	3	2	5	2	2	4	3	2	6	3
3	10	6	3	6	4	3	5	5	3	7	6
4	11	17	4	7	16	4	6	18	4	8	19
5	12	16	5	8	18	5	7	19	5	9	20
6	13	18	6	9	19	6	8	16	6	10	18
7	14	16	7	10	14	7	9	12	7	11	14
8	15	6	8	11	5	8	10	5	8	12	6
9	16	3	9	12	3	9	11	3	9	13	3
10	17	1	10	13	1	10	12	2	10	14	2

Номер по списку группы														
25			26			27			28			29		
№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 1$, МПа	n_i
1	20	1	1	7	1	1	21	5	1	40	1	1	20	5
2	21	3	2	9	2	2	22	6	2	41	2	2	21	6
3	22	7	3	11	3	3	23	7	3	42	3	3	22	7
4	23	15	4	13	5	4	24	25	4	43	15	4	23	25
5	24	37	5	15	31	5	25	80	5	44	49	5	24	80
6	25	30	6	17	27	6	26	65	6	45	42	6	25	65
7	16	18	7	19	7	7	27	23	7	46	17	7	16	23
8	27	8	8	21	5	8	28	7	8	47	3	8	27	7
9	28	4	9	23	3	9	29	6	9	48	2	9	28	6
10	29	1	10	25	2	10	30	4	10	49	1	10	29	4

Номер по списку группы											
1			2			3			4		
№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i
1	230	1	1	250	2	1	270	1	1	290	2
2	240	3	2	260	3	2	280	3	2	300	4
3	250	7	3	270	6	3	290	7	3	310	6
4	260	14	4	280	15	4	300	18	4	320	19
5	270	36	5	290	31	5	310	38	5	330	33
6	280	38	6	300	32	6	320	38	6	340	38
7	290	12	7	310	18	7	330	19	7	350	18
8	300	8	8	320	7	8	340	8	8	360	7
9	310	5	9	330	5	9	350	3	9	370	4
10	320	1	10	340	2	10	360	1	10	380	2

Продолжение табл.8

Номер по списку группы											
5			6			7			8		
№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i
1	310	1	1	330	2	1	360	2	1	400	1
2	320	2	2	340	3	2	370	4	2	410	2
3	330	3	3	350	4	3	380	5	3	420	5
4	340	16	4	360	12	4	390	17	4	430	12
5	350	37	5	370	43	5	400	40	5	440	43
6	360	38	6	380	38	6	410	38	6	450	46
7	370	12	7	390	11	7	420	19	7	460	15
8	380	3	8	400	5	8	430	6	8	470	5
9	390	2	9	410	3	9	440	3	9	480	3
10	400	1	10	420	1	10	450	1	10	490	2

Номер по списку группы											
9			10			11			12		
№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i
1	420	1	1	430	2	1	440	2	1	450	1
2	430	2	2	440	3	2	450	4	2	460	2
3	440	3	3	450	4	3	460	5	3	470	5
4	450	10	4	460	12	4	470	17	4	480	12
5	460	37	5	470	33	5	480	40	5	490	31
6	470	38	6	480	30	6	490	38	6	500	37
7	480	9	7	490	11	7	500	19	7	510	15
8	490	3	8	500	5	8	510	6	8	520	5
9	500	2	9	510	3	9	520	3	9	530	3
10	510	1	10	520	1	10	530	1	10	540	2

Номер по списку группы											
13			14			15			16		
№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i
1	460	2	1	470	1	1	480	2	1	490	2
2	470	4	2	480	2	2	490	4	2	500	4
3	480	6	3	490	3	3	500	6	3	510	5
4	490	19	4	500	10	4	510	19	4	520	17
5	500	34	5	510	37	5	520	33	5	530	40
6	510	38	6	520	38	6	530	38	6	540	38
7	520	18	7	530	9	7	540	18	7	550	19
8	530	7	8	540	3	8	550	7	8	560	6
9	540	4	9	550	2	9	560	4	9	570	3
10	550	2	10	560	1	10	570	2	10	580	1

Номер по списку группы											
17			18			19			20		
№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i
1	500	2	1	510	2	1	520	2	1	530	1
2	510	3	2	520	4	2	530	3	2	540	2
3	520	4	3	530	5	3	540	4	3	550	3
4	530	12	4	540	17	4	550	12	4	560	10
5	540	33	5	550	40	5	560	33	5	570	37
6	550	30	6	560	38	6	570	30	6	580	38
7	560	11	7	570	19	7	580	11	7	590	9
8	570	5	8	580	6	8	590	5	8	600	3
9	580	3	9	590	3	9	600	3	9	610	2
10	590	1	10	600	1	10	610	1	10	620	1

Номер по списку группы											
21			22			23			24		
№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i	№ п/п	$R_{im\pm 10}$, МПа	n_i
1	540	1	1	550	1	1	280	1	1	370	1
2	550	3	2	560	3	2	290	3	2	380	3
3	560	7	3	570	7	3	300	7	3	390	7
4	570	14	4	580	18	4	310	14	4	400	18
5	580	26	5	590	26	5	320	26	5	410	26
6	590	30	6	600	27	6	330	30	6	420	27
7	600	17	7	610	19	7	340	17	7	430	19
8	610	8	8	620	8	8	350	8	8	440	8
9	620	5	9	630	3	9	360	5	9	450	3
10	630	1	10	640	1	10	370	1	10	460	1

Номер по списку группы														
25			26			27			28			29		
№ п/п	$R_i \pm 10$ МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 10$ МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 10$ МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 10$ МПа	n_i	№ п/п	$R_i \pm 10$ МПа	n_i
1	560	1	1	570	1	1	370	2	1	390	2	1	370	1
2	570	3	2	580	3	2	380	3	2	400	4	2	380	3
3	580	7	3	590	7	3	390	4	3	410	5	3	390	7
4	590	18	4	600	14	4	400	12	4	420	17	4	400	14
5	600	26	5	610	26	5	410	33	5	430	40	5	410	26
6	610	27	6	620	30	6	420	30	6	440	38	6	420	30
7	620	19	7	630	17	7	430	11	7	450	19	7	430	17
8	630	8	8	640	8	8	440	5	8	460	6	8	440	8
9	640	3	9	650	5	9	450	3	9	470	3	9	450	5
10	650	1	10	660	1	10	460	1	10	480	1	10	460	1

Приложение 1

Сталь	Вид проката	Толщина проката* мм	Характеристики стали		
			Нормативное сопротивление по пределу текучести, R_{yn} , МПа	Расчетное** сопротивление по пределу текучести, R_y , Мпа	Модуль упругости, E , МПа

* За толщину фасонного проката принимают толщину полки (минимальная толщина- 4 мм.

** Значения расчетных сопротивлений получены делением нормативных сопротивлений на коэффициент надежности по материалу (см. СП 16.13330.2011 – «Стальные конструкции»).

Приложение 2

Класс бетона по прочности на сжатие	Вид бетона	Характеристики бетона				Начальный модуль упругости, E_b , МПа
		Нормативные сопротивления		Расчетные сопротивления		
		сжатие осевое, R_{bn} и $R_{b,ser}$, МПа	растяжение осевое, R_{bt} и $R_{bt,ser}$, МПа	сжатие осевое, R_b , МПа	растяжение осевое R_{bt} , МПа	

Примечание. $R_{b,ser}$ и $R_{bt,ser}$ - расчетные сопротивления бетона по прочности на осевое сжатие и осевое растяжение соответственно при расчете конструкций по предельным состояниям второй группы, численно равны нормативным сопротивлениям.

Библиографический список

1. СП 16.13330.2011;
2. СП 63.13330.2012.