

**Ростов-на-Дону, 26 апреля 2017**

**К вопросу обеспечения долговечности  
железобетонных конструкций  
на стадии проектирования**

**Григорий Васильевич**

**Несветаев**

**доктор технических наук,  
профессор,**

**АКАДЕМИК РАН**

**заведующий кафедрой ТСП**

**Академии строительства и архитектуры  
Донского государственного технического  
университета; 344022, Россия, г.**

**Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162;**

**e-mail: nesgrin@yandex.ru**

**Какой проект –  
такой объект...**

## Требования к железобетонным конструкциям:

### Группа предельных состояний (СП 63.13330)

1	2		3
Прочность	Жесткость	Трещиностойкость	Долговечность

### Свойства бетона, обеспечивающие свойства конструкции:

Предел прочности	Модуль упругости Ползучесть	Модуль упругости Усадка Ползучесть Предел прочности на растяжение	Морозостойкость Водо-непроницаемость Стойкость к воздействию агрессивных сред
------------------	--------------------------------	--	---

1. Монолитные стены выполнить из конструкционного по ГОСТ 25192-82, мелкозернистого тяжелого бетона по ГОСТ 26633-85 класса по прочности на сжатие В 25, с тщательным его послойным вибрированием . Общие примечания по заполнителям бетона смотри лист 1.
2. Бетонирование колонн и примыкающих к ним монолитных стен вести одновременно .
3. Для гидроизоляции наружных стен СТм 1, СТм2, СТм8, СТм9 на стадии бетонирования применяется гидроизоляционная добавка "Пенетрон Адмикс" фирмы ООО "Пенетрон". Расчетный расход материала на 1 м<sup>3</sup> бетона составляет 4 кг. Технологию введения добавки выполнять в соответствии с рекомендациями фирмы -изготовителя.
4. Для гидроизоляции железобетонных стен подвала применяется обмазочная проникающая однокомпонентная гидроизоляция Idrosilex pronto фирмы "МАРЕЛ". Гидроизоляцию производить с внутренней стороны помещений . Расчетный расход материала на 1 м<sup>2</sup> стены толщиной 1 мм составляет 2 кг. Работы производить в соответствии с рекомендациями фирмы-изготовителя. Гидроизоляцию технологических отверстий после удаления опалубки выполнять в соответствии с рекомендациями фирмы "МАРЕЛ".
5. Армирование выполнить отдельными стержнями , соединяя их по месту в пространственные каркасы при помощи

						03.2-2013-1А-КЖ			
						Многоквартирный жилой дом со встроенно-пристроенными офисными помещениями, магазинами, помещениями для физкультурно-оздоровительных занятий и подземной автостоянкой по ул.Мурлычева,30/28 в г.Ростове-на-Дону.			
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Жилой дом. Секция 1А	стадия	лист	листов
Разраб.		Ечевская		<i>И. Ечевская</i>	08.14		Р	15	
Проверил		Корнилова		<i>Е. Корнилова</i>	08.14				
Гл.констр.		Кузнецов		<i>С. Кузнецов</i>	08.14				
						Спецификация элементов армирования стен монолитных СТм1...СТм9	Общество с ограниченной ответственностью <b>"СЛАВЯНЕ"</b> г.Ростов-на-Дону		

- **СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии»**
- **СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»**
- **СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции»**

## **СП 63.13330:**

- П. 6.1.8 – марку бетона по морозостойкости назначают с учетом требований СП 28.13330
- П. 6.1.9 – марку бетона по водонепроницаемости назначают с учетом требований СП 28.13330

## **СП 28.1330:**

- П. 5.4.2 Требования по обеспечению коррозионной стойкости бетона для каждой условий эксплуатации должны включать в себя:
  - 1) разрешенные **виды и марки (классы) составляющих бетона;**
  - 2) **минимально** необходимое **содержание цемента** в бетоне;
  - 3) **минимальный класс бетона** по прочности на сжатие;
  - 4) **минимальную допускаемую марку бетона по водонепроницаемости** и/или **максимальный допускаемый коэффициент диффузии хлоридов или углекислого газа;**
  - 5) **минимальный объем вовлеченного воздуха** или газа (для бетонов с требованиями по морозостойкости).

# Проект ГОСТ 26633:

- 4.4.2 Состав бетонной смеси следует назначать исходя из требований обеспечения показателей качества, указанных в п.п. 4.3.2, 4.3.6 настоящего стандарта, а также обеспечения нормируемых показателей отпускной, передаточной или распалубочной прочностей, установленных в соответствии п.п. 4.3.7 и 4.3.8.
- Состав бетона следует подбирать по заявленным показателям качества по ГОСТ 27006 с учетом требований ГОСТ 31384.
- 4.4.3 Подбор состава бетона для сооружений 1-3 категории ответственности осуществляется в аккредитованной лаборатории.

## ГОСТ 26633-2015 (с 01.09.2016):

- 4.4.2 Состав бетонной смеси следует подбирать по ГОСТ 27006 с учетом требований **ГОСТ 31384**. Подбор состава бетонной смеси для бетона сооружений классов КС-2 и КС-3 по ГОСТ 27751 проводят в лабораториях, соответствующих требованиям ГОСТ ИСО/МЭК 17025.
- ГОСТ 27751 - 2014
- Класс сооружений КС-1: а) теплицы, парники, мобильные здания (сборно-разборные и контейнерного типа), склады временного содержания, в которых не предусматривается постоянного пребывания людей; б) сооружения с ограниченными сроками службы и пребыванием в них людей.  
Класс сооружений КС-2: здания и сооружения, не вошедшие в классы КС-1 и КС-3.  
Класс сооружений КС-3: а) здания и сооружения особо опасных и технически сложных объектов.

**Пример 1:**

**требования к бетону ЖБК для причальных  
сооружений в морской воде**

**5 Коррозия, вызванная попеременным замораживанием и оттаиванием**

**При действии попеременного замораживания и оттаивания агрессивная среда классифицируется по следующим признакам:**

<b>XF1</b>	<b>Умеренное водонасыщение без антиобледенителей</b>	<b>Вертикальные поверхности зданий и сооружений при действии дождя и мороза</b>
<b>XF2</b>	<b>Умеренное водонасыщение с применением антиобледенителей</b>	<b>Вертикальные поверхности транспортных сооружений</b>
<b>XF3</b>	<b>Сильное водонасыщение без антиобледенителей</b>	<b>Горизонтальные поверхности дорог и других сооружений при действии дождя и мороза</b>
<b>XF4</b>	<b>Сильное водонасыщение (в том числе морской водой) с применением антиобледенителей</b>	<b>Горизонтальные поверхности дорог и мостов, ступени наружных лестниц и др. <b>Зона переменного уровня для морских сооружений при действии мороза</b></b>

# Черноморская вода: соленость 17 – 18 г/л

Ион	Концентрация, мг/л	ГОСТ 31384
Cl <sup>-</sup>	10000	Слабоагрессивная (погружение) Сильноагрессивная (периодическое смачивания)
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	680	<b>ХА2</b> 600...3000
Mg <sup>2+</sup>	670	<b>ХА1</b> 300...1000
Ca <sup>2+</sup>	650	
Na <sup>+</sup>	5500	

ГОСТ 31384 – 2008 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии.

Общие технические требования

С 01.03.2010) С 01.07.2015 постановлением Правительства №1521 от 26.12.2014

утвержден новый перечень:

в него вошли 2 ГОСТ и 76 СП, в т.ч.

отдельные пункты

**СП 28.13330.2012** «Защита строительных конструкций от коррозии»

**СП 63.13330.2012** «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»

**СП 70.13330.2012** «Несущие и ограждающие конструкции»

# ГОСТ 31384:

Требования	Индекс среды по ГОСТ 31384																	
	неагрессивная	карбонизация				Морская среда			Хлориды (кроме морской воды)			Замораживание - оттаивание				Агрессивная среда		
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2
В/Ц		0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,5	0,45	0,55	0,5	0,45
В	B15	B25	B30	B35	B40	B35	B45	B45	B35	B35	B45	B35	B30	B35	B35	B35	B35	B45
Ц кг/м <sup>3</sup>		260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
ВВ, %												5*	5*	5*	5*			
Другие требования												CA <sub>3</sub> <7%; морозостойкие заполнители					ССЩ	

**Примечание – в случае эксплуатации конструкции в среде, характеризующейся несколькими индексами, ограничения принимаются по самым жестким условиям. Выполнения всех требований, относящихся к индексируемой среде, является обязательным.**

**Пример – причальное сооружение, подвергается воздействию морской среды (XS3), карбонизации (XC4), замораживанию-оттаиванию (XF4), действию сульфатов (XA2).**

**Требования к бетону: класс не ниже B45, В/Ц не более 0,45; по Г.5 ГОСТ 31384 – W6 ... W8**

**расход цемента не менее 340 кг/м<sup>3</sup>; (возможно получение бетонов с прочностью до 55 МПа – бкг/(куб.м·МПа)**

**содержание вовлеченного воздуха в бетонной смеси не менее 5%,**

**морозостойкие заполнители, цемент **сульфатостойкий****

**\* - СП 28.13330 – 4%**

# СП 28.1330, табл. Д.1

Требования к бетонам	Классы сред эксплуатации																	
	Неагрессивная среда	Карбонизация				Хлоридная коррозия						Замораживание - оттаивание <sup>1)</sup>				Химическая коррозия		
						Морская вода			Прочие хлоридные воздействия									
	Индексы сред эксплуатации																	
XO	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	
Минимальный класс прочности В	15	25	30	37	37	45	45	37	45	45	37	37	37	37	37	37	45	
Минимальный расход цемента, кг/м <sup>3</sup>	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
Минимальное воздухо-содержание, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0	4,0	4,0	-	-	-
Прочие требования	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Заполнитель с необходимой морозостойкостью				Сульфатостойкий цемент <sup>2)</sup>		

<sup>1)</sup> Для эксплуатации в условиях попеременного замораживания - оттаивания бетон должен быть испытан на морозостойкость.

<sup>2)</sup> Когда содержание соответствует XA2 и XA3, целесообразно применение сульфатостойкого цемента.

<sup>3)</sup> Значения величин в данной таблице относятся к бетону на цементе класса СЕМ 1 по [ГОСТ 30515](#) и заполнителе с максимальной крупностью 20 - 30 мм.

**СП 28.13330:**

**Табл. Д2:**

**Рекомендуемые цементы:**

- **XC4** – ЦЕМ I; ЦЕМ II/A-Ш
- **XS3** - ЦЕМ I; ЦЕМ II/A-Ш; ЦЕМ II/A-МК; ЦЕМ II/A-Ш;  
ЦЕМ III/A
- **XF4** - ЦЕМ I
- **XA2** - ЦЕМ I; ЦЕМ II/A-Ш; ЦЕМ II/A-МК
  
- **Вывод: ЦЕМ I;**

**ГОСТ 31384:**

- **ССЩ**

# Итог: требования к бетону

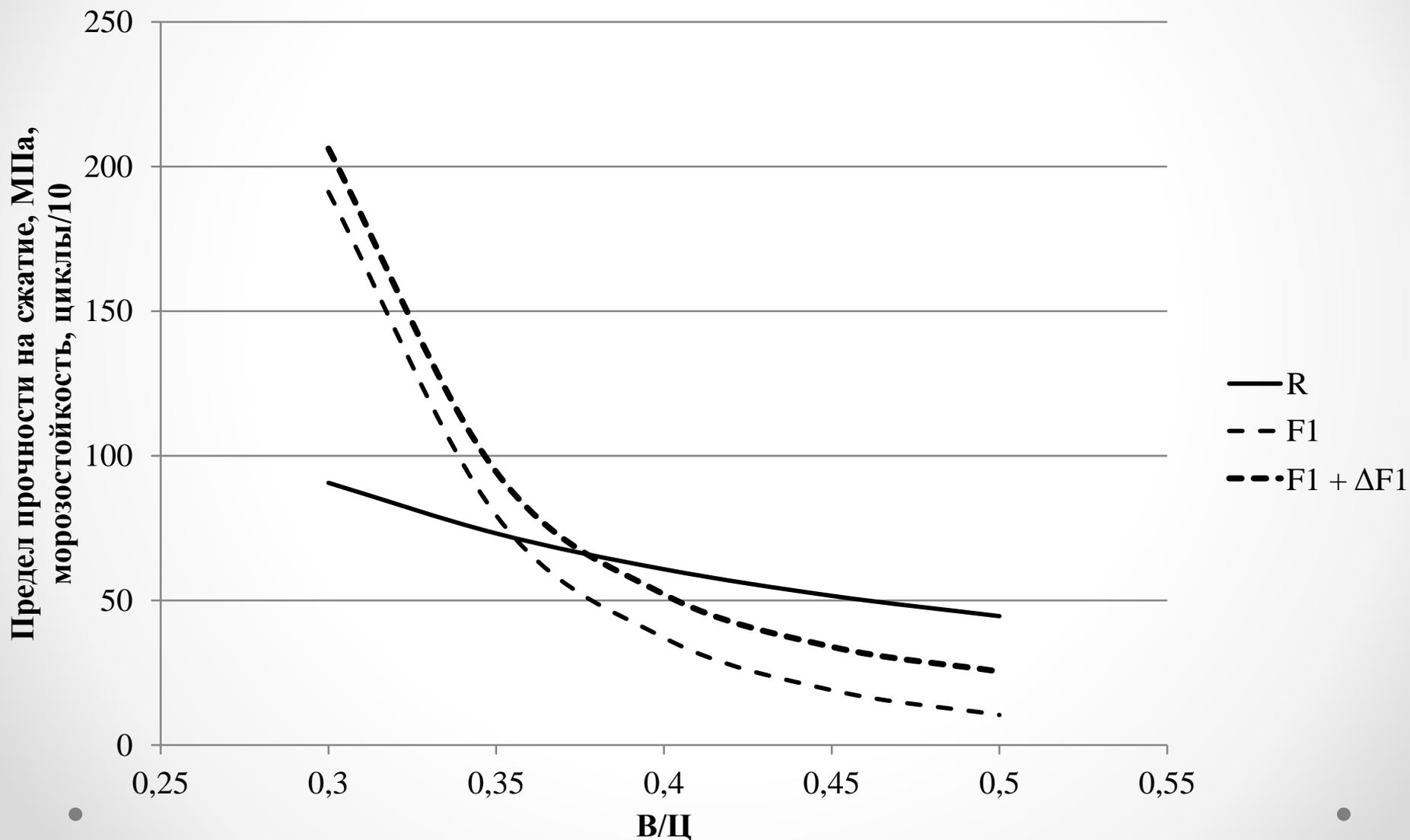
Класс среды и другие условия	Класс бетона	В/Ц	Другие ограничения
XC4	B40	< 0,5	
XS3	B45	< 0,45	
XF4	B35	< 0,45	ВВ > 4 (5)%, С <sub>3</sub> А < 7%, морозостойкие заполнители
XA2	B35	< 0,5	ССПЦ
W6 – W8			
F <sub>2</sub>	не менее 100		ВВ > 4 (5)%

**Бетон в агрессивной Черноморской среде в зоне переменного уровня воды:**

- **В 45;**
- **В/Ц не более 0,45;**
- **Не менее W6 (В/Ц не более 0,55);**
- **F<sub>2</sub> – испытания по второму методу не менее 100 циклов;**
- **ВВ > 4 (5)%;**
- **ССПЦ;**
- **Морозостойкие заполнители**

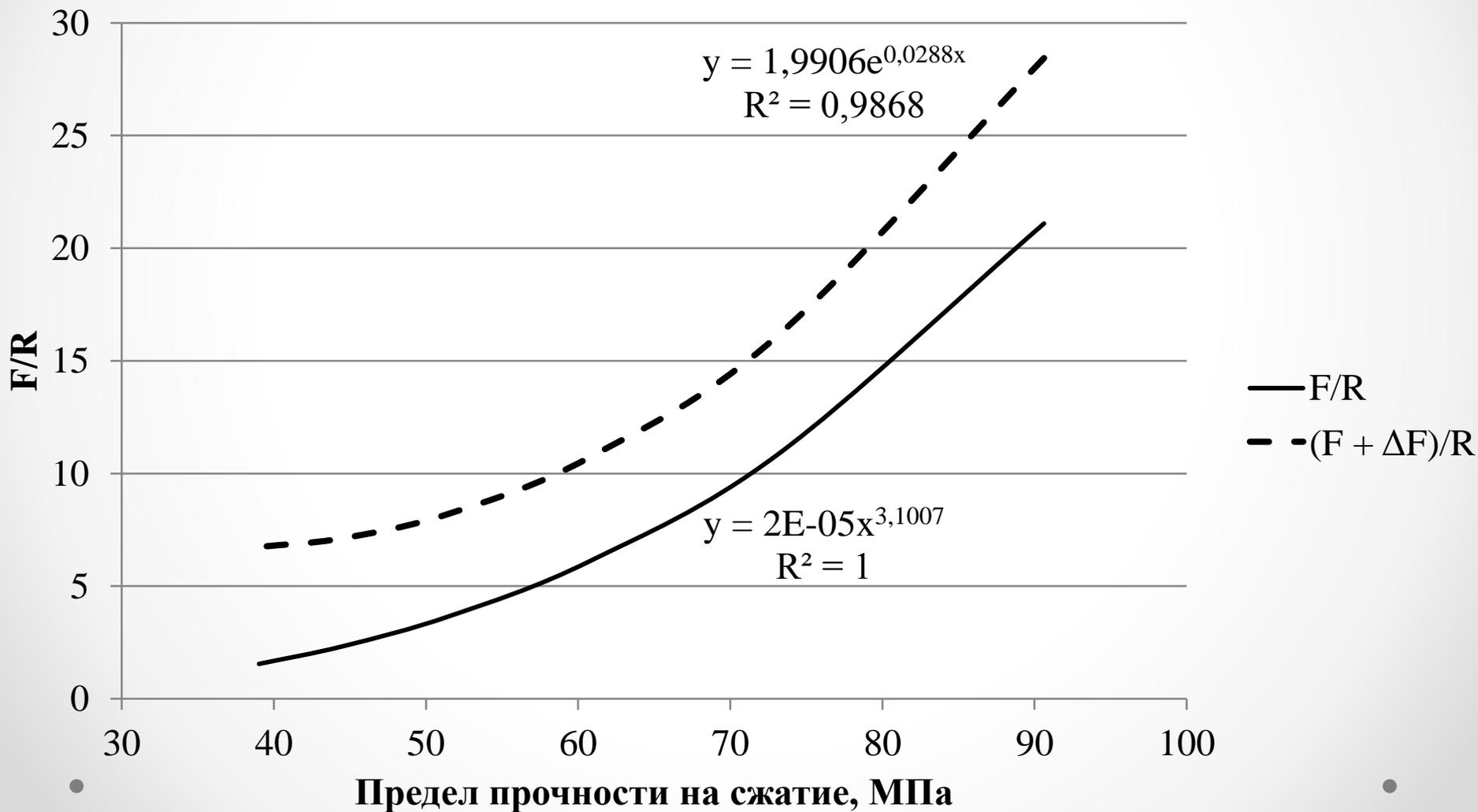
$$R = aR_{\text{Ц}} \left( \frac{\text{Ц}}{B} - 0,5 \right)$$

$$F = f \left( \frac{B}{\text{Ц}} \right)^{-5,7}$$



$$F = 2\left(\frac{B}{\sigma}\right)^{-5,7}$$

$$R = aR_{\sigma}\left(\frac{\sigma}{B} - 0,5\right)$$



# СТО НОСТРОЙ 2.6.54 – 2011 с изм. 2013

№	Класс бетона по прочности на сжатие	Марка бетона по					Среднее значение прочности бетона для подбора состава, МПа	Рекомендуемая марка цемента ГОСТ 10178 (Класс цемента ГОСТ 31108)
		прочности на сжатие	морозостойкости	водонепроницаемости		мосты		
			F <sub>1</sub> <sup>1</sup>	F <sub>1 max</sub> <sup>2</sup>	W <sup>1</sup>	W max <sup>2</sup>		
1	B20	M250	50	150	4	8	28	400 (32,5)
2	B22,5	M300	50	200	6	10	31	400 (32,5)
3	B25	M350	50	150	4	8	35	500 (42,5)
4	B27,5	M350	50	150	6	10	38	500 (42,5)
5	B30	M400	75	200	6	10	41	500 (42,5)
6	B35	M450	100	300	6	10	48	500 (42,5)
7	B40	M550	200	400	8	12	55	500 (42,5)
8	B45	M600	300	600	10	16	62	500 (52,5)
9	B50	M700	400	1000	12	20	69	500 (52,5)

## Примечания

1 При соблюдении требований к качеству материалов и условиям производства работ;

2 При реализации специальных мероприятий, направленных на повышение морозостойкости или водонепроницаемости бетона

## **Пример 2:**

**возможность обеспечения стабильного производства  
бетонов для дорожных и аэродромных покрытий**

# СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85\*

8.4 Типы дорожных одежд, основные виды покрытий и оснований и область их применения приведены в таблице 8.1:

Типы дорожных одежд	Основные виды покрытий	Применяются в соответствии с пунктом
Капитальные	Цементобетонные монолитные	8,20; 8,27; 8,41
	Железобетонные, монолитные и сборные или из предварительно напряженного железобетона, армобетонные сборные и монолитные	8,22; 8,24

8.19 К жестким дорожным одеждам следует относить одежды, имеющие:

**цементобетонные монолитные** покрытия;

асфальтобетонные покрытия на основаниях из **цементобетона**;

сборные покрытия из **железобетонных** или предварительно напряженных железобетонных и армобетонных плит.

8.41 Для цементобетонных покрытий и оснований следует применять **бетоны тяжелый и мелкозернистый** по ГОСТ 25192, ГОСТ 26633

**БЕТОНЫ ТЯЖЕЛЫЕ И МЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ**

**Технические условия**

**Б.1 Бетоны для дорожных и аэродромных покрытий и оснований**

Т а б л и ц а Б.5 – Водоцементное отношение и объем вовлеченного воздуха для *бетона конструктивных слоев дорог и аэродромов*

<b>Конструктивный слой</b>	<b>Водоцементное отношение, не более</b>	<b>Объем вовлеченного в бетонную смесь воздуха, %</b>
<b>Покрытия</b>	<b>0,45</b>	<b><math>6 \pm 1</math></b>
<b>Основания</b>	<b>0,90</b>	<b>Не нормируется</b>

## **Б.2 Бетоны для транспортного строительства**

**Б.2.1 для *бетона пролетных строений мостов, мостовых конструкций зоны переменного уровня воды,***

**Б.2.3 Для *бетона мостовых конструкций, расположенных в зоне переменного уровня воды, конструкций мостового полотна пролетных строений мостов,***

**Б.2.7 ... Объем вовлеченного воздуха должен быть, % объема:**

- *3,5 ± 1,5 – для мостовых бетонных и железобетонных конструкций;***
- *5,5 ± 0,5 – для покрытий проезжей части мостов.***

# СП 34.13330.2012 (актуализированная редакция СНиП 2.05.02 – 85 (1997 с изм. 2003) Автомобильные дороги)

## ЖЕСТКИЕ ДОРОЖНЫЕ ОДЕЖДЫ

Бетон для покрытий и оснований должен соответствовать требованиям ГОСТ 26633 и табл. 8.11.

Назначение бетона	Минимальные проектные классы (марки) бетона по прочности	Минимальные проектные классы бетона по прочности на сжатие	Минимальные проектные марки бетона по морозостойкости для районов со среднемесячной температурой воздуха наиболее холодного месяца, °С		
			От 0 до минус 5	От минус 5 до минус 15	ниже минус 15
Конструктивный слой покрытия монолитного/сборного	<b><math>B_{btb}</math> 4,0 / 3,6</b>	<b>B30 / B25</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>

# Анализируем нормативные документы:

Документ	Требования							
	В	Вtb	F	В/Ц	Ц	ВВ	СзА	Na2O
СП 34.13330	>В30	>4	200 (II)					
ГОСТ 26633						5-7 >3,5 (узп)	<7	<0,8
ГОСТ 31384 СП 28.1330	>В45 XD3			<0,45	>340	>5 >4	<7	
ГОСТ 10060			F200(II) = F600(I)					

СТО  
НОСТРОЙ 2.6.54

F600(I) соответствует В45

**Итог:**

**В45; Вtb 4; F<sub>2</sub> 200; В/Ц < 0,45; ВВ > 4 (5)%; СзА < 7%; Na<sub>2</sub>O < 0,8%**

**Btb 4,0 B45:**

$$\mathbf{R_f > 5,43 \text{ МПа}; } R_f = \frac{B_{tb}}{1-1,645V} = \frac{4}{1-1,645 \cdot 0,16} = 5,43$$

$$\mathbf{R > 61 \text{ МПа}; } R = \frac{B}{1-1,645V} = \frac{45}{1-1,645 \cdot 0,16} = 61$$

$$\mathbf{\text{СоюзДорНИИ:}} \quad \frac{\Psi}{B} = \frac{R_f}{0,39 \cdot R_{\Psi}^{\text{И}} \cdot (1-0,025BB)} + 0,1 =$$

$$= \frac{5,43}{0,39 \cdot 5,4 \cdot (1-0,025 \cdot 6)} + 0,1 = 3,13, \quad \mathbf{\text{откуда:}}$$

**B/Ψ = 0,32 (M400); 0,35 (M500).**

$$R = (1 - BB)^{3,3} \frac{a \cdot R_{\Psi}}{\left(\frac{B}{\Psi}\right)^{1,39}}; \quad 61 = (1 - 0,06)^{3,3} \frac{0,3 \cdot 39,2}{\left(\frac{B}{\Psi}\right)^{1,39}}$$

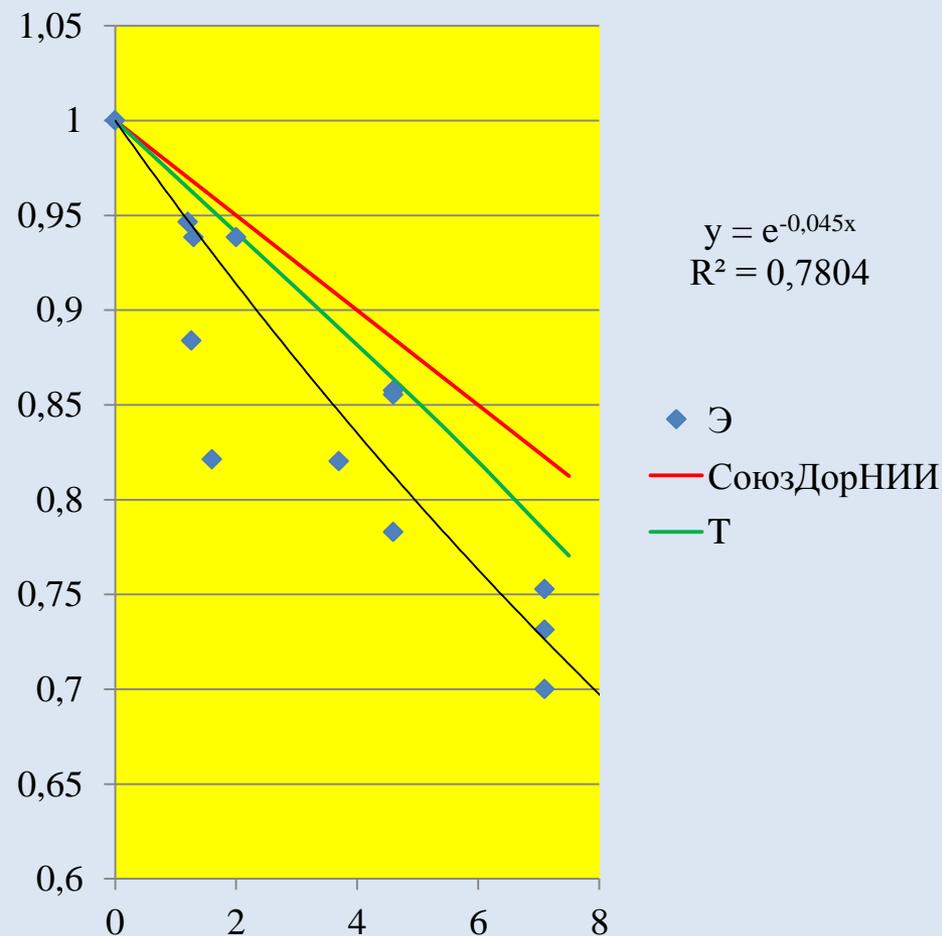
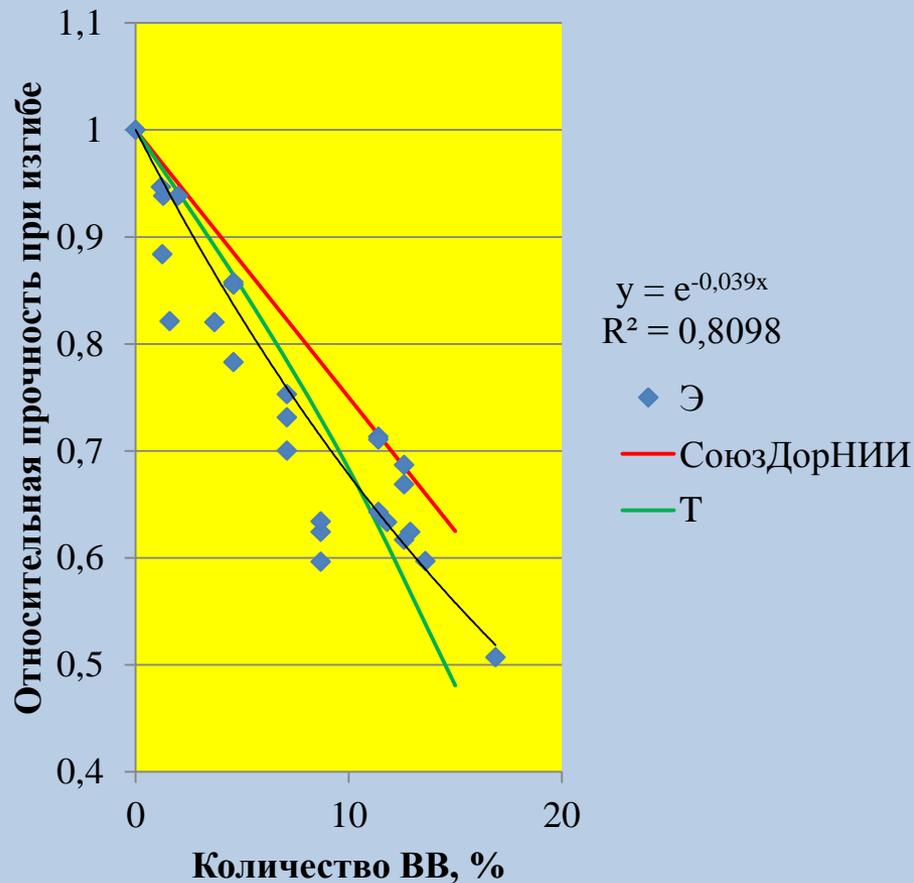
**Откуда B/Ψ = 0,265 (M400); 0,31 (M500)**

**по ГОСТ B/Ψ < 0,45**

# Влияние ВВ на предел прочности при изгибе:

**Э: 3,5 – 4% на 1%**

**Т: 3 – 3,5% на 1%**

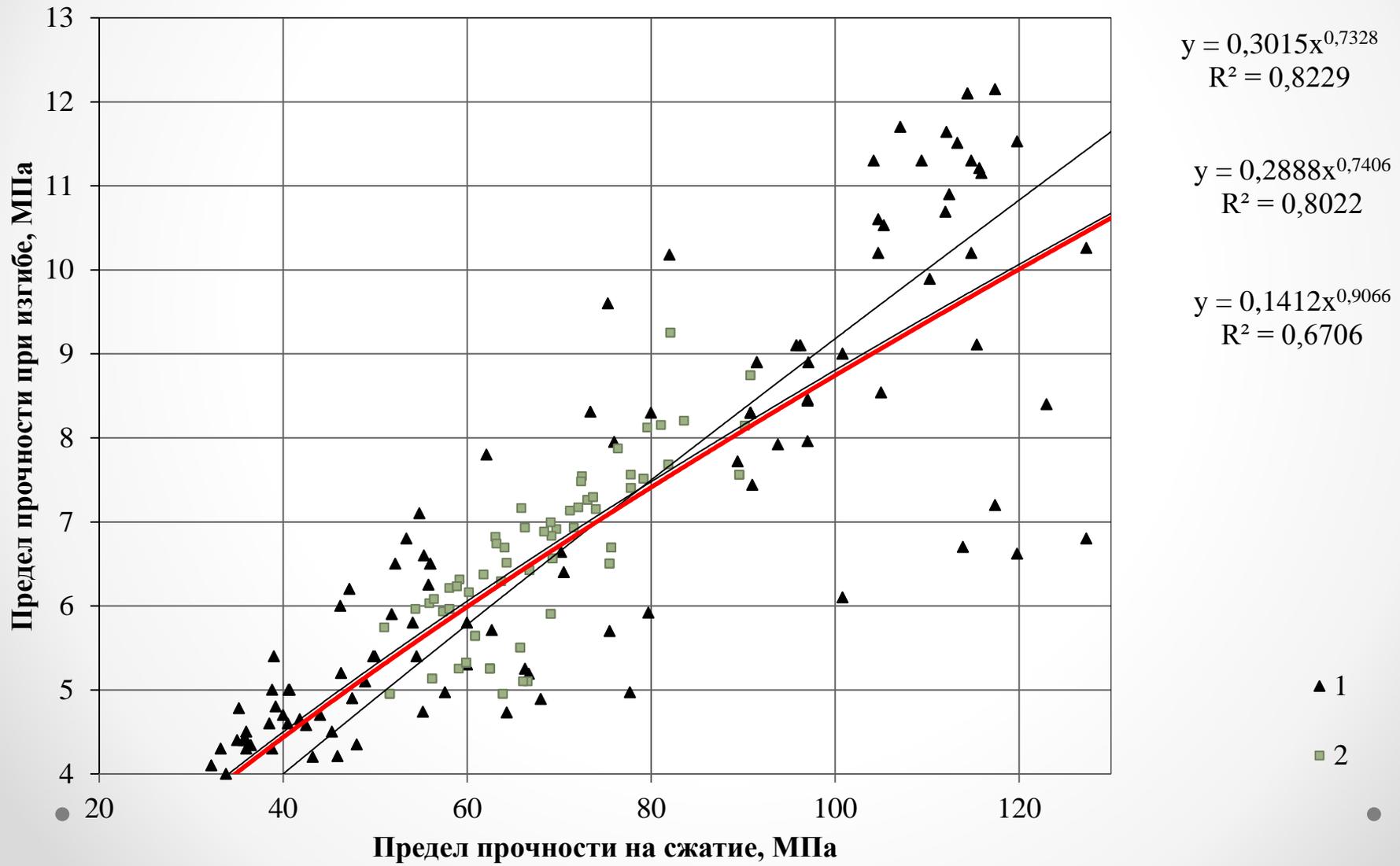


# Соотношение пределов прочности

## при изгибе и сжатии

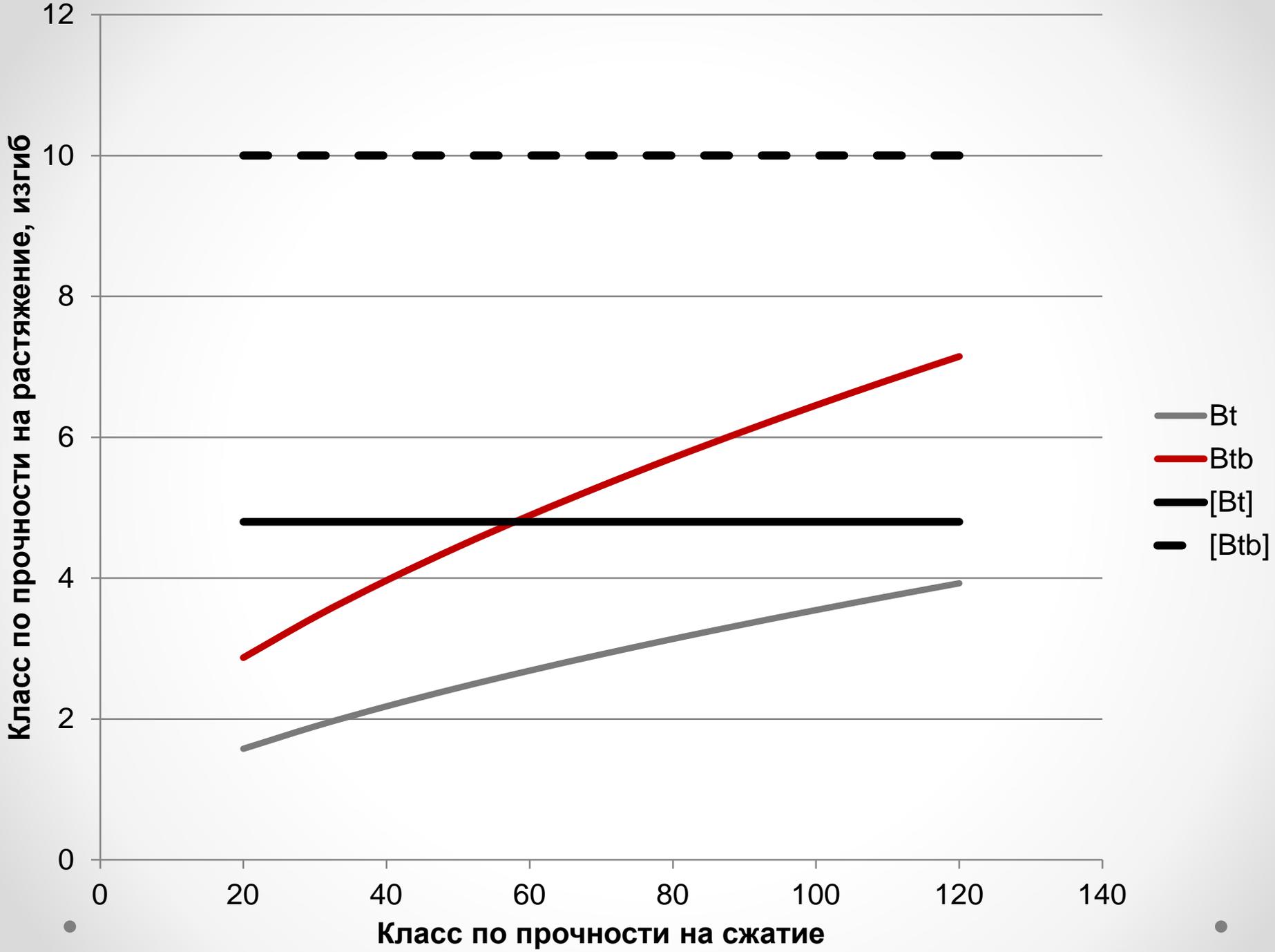
(1 – по литературным зарубежным данным)

(2 – по данным НИИЖБ)



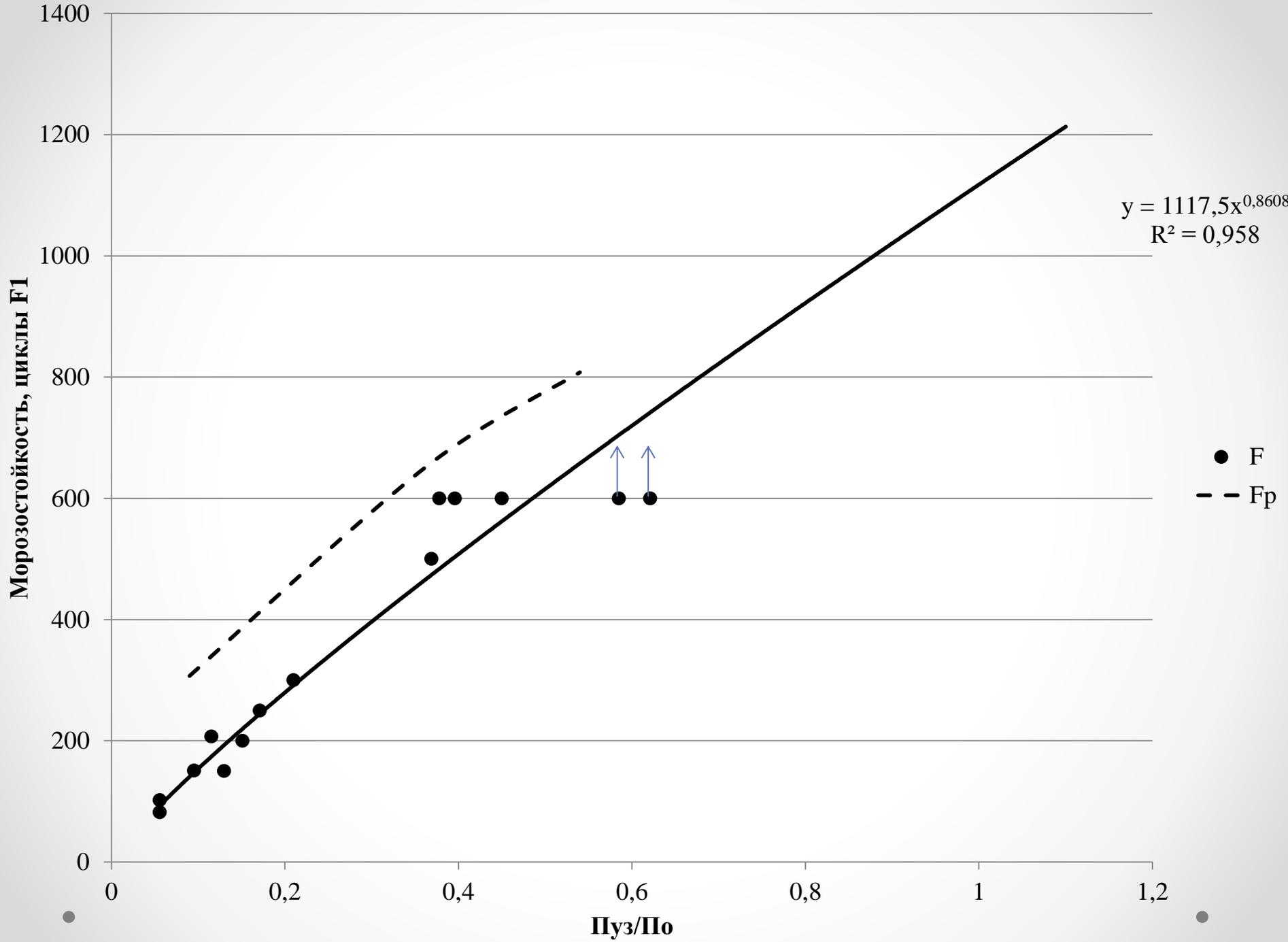
## Соотношение прочности при изгибе и сжатии

$$R_f = 0,29 \cdot R^{0,74}$$



- ГОСТ 26633, П. 3.3.1 (проект 26633-2015) ГОСТ 26633-2015
- - по прочности:
- на классы прочности на сжатие в проектном возрасте: B3,5; B5; B7,5; B10; B12,5; B15; B20; **B25**; B30; B35; B40; B45; B50; B55; B60; B70; B80; B90; **B100**; B110; B120 (СП 63.13330-2012 – **B100**)
- на классы прочности на осевое растяжение: B<sub>t</sub>0,8; B<sub>t</sub>1,2; B<sub>t</sub>1,6; B<sub>t</sub>2,0; B<sub>t</sub>2,4; B<sub>t</sub>2,8; B<sub>t</sub>3,2; B<sub>t</sub>3,6; B<sub>t</sub>4,0; B<sub>t</sub>4,4; B<sub>t</sub>4,8
- на классы прочности на растяжение при изгибе: B<sub>tb</sub>0,4; B<sub>tb</sub>0,8; B<sub>tb</sub>1,2; B<sub>tb</sub>1,6; B<sub>tb</sub>2,0; B<sub>tb</sub>2,4; B<sub>tb</sub>2,8; B<sub>tb</sub>3,2; B<sub>tb</sub>3,6; B<sub>tb</sub>4,0; B<sub>tb</sub>4,4; B<sub>tb</sub>4,8; B<sub>tb</sub>5,2; B<sub>tb</sub>5,6; B<sub>tb</sub>6,0; B<sub>tb</sub>6,4; B<sub>tb</sub>6,8; B<sub>tb</sub>7,2; B<sub>tb</sub>8,0; B<sub>tb</sub>8,4; B<sub>tb</sub>8,8; B<sub>tb</sub>9,2; B<sub>tb</sub>9,6; B<sub>tb</sub>10,0
- - по средней плотности: на тяжелый бетон марок D2000–D2500, мелко-зернистый бетон марок D2000–D2500;
- - по морозостойкости: на марки F50 - F1000; F150 - F1000; F2100 – F2500
- - по водонепроницаемости: на марки W2 - W20; W2 - W20
- **по истираемости**: на марки G1, G2, G3 при испытании на круге истирания.
- *Дополнительные требования – по приложению А*

Автор	Критерий	Пояснения
Шейкин А.Е., Добшиц Л.М.	$K_{MP3} = \frac{\Pi_{y3y3}}{0,09\Pi_{II}} =$ $= \frac{0,456\alpha}{\left(\frac{B}{C} - 0,271\alpha\right)} \quad F = 307 K_{MP3}^{0,57}$	<b><math>\Pi_{y3}</math> – условно-замкнутая (резервная пористость);</b> <b><math>\Pi_{II}</math> – открытая пористость;</b> <b><math>C, B</math> – расход цемента и воды, кг/м<sup>3</sup>;</b> <b><math>F</math> – морозостойкость бетона, циклы</b>
Кунцевич О.В.	$\Pi_{y3} = \frac{\kappa\alpha\rho_{II}}{1 + \frac{B}{C\rho_{II}}}$	<b><math>\kappa = 0,06 - 0,09</math></b> <b><math>\alpha</math> – степень гидратации;</b> <b><math>\rho_{II}</math> – истинная плотность цемента</b>
Вайтсайд Т., Свит Х.	$C = \frac{V_L}{V_L + V_B}$	<b><math>V_L</math> – объем замерзающей воды,</b> <b><math>V_B</math> – объем воздуха,</b> <b><math>C &lt; 0,88</math> – морозостойкие бетоны</b>
Горчаков Г.И.	$\Pi_K = \frac{B - 0,5\alpha C}{10} \quad F = (14 - \Pi_K)^{2,7}$	<b><math>\alpha</math> – степень гидратации;</b> <b><math>C, B</math> – расход цемента и воды, кг/м<sup>3</sup>;</b> <b><math>F</math> – морозостойкость бетона, циклы</b>
Дворкин Л.И.	$k = \frac{V_B + V_K}{V_L} \quad F = b(10^k - 1) \quad V_B = V_O - V_3$ $V_L = B - 0,27C$	<b><math>V_B</math> – объем эмульгированного воздуха;</b> <b><math>V_K</math> – объем контракционных пор;</b> <b><math>V_L</math> – объем льда;</b> <b><math>V_O</math> – общее воздухововлечение;</b> <b><math>V_3</math> – заземленный воздух</b>
Красный И.М.	$\Phi = \frac{V_{B3} + V_K}{V_L + V_{BO}} \quad F = f(\Phi)$	<b><math>V_{B3}</math> – закрытый воздух;</b> <b><math>V_K</math> – объем контракционных пор;</b> <b><math>V_L</math> – объем замерзающей воды;</b> <b><math>V_{BO}</math> – открытый воздух</b>
Кунцевич О.В. Розенберг Т.И.	$F = 204,4k - 25 \quad \kappa = \frac{\Pi_O - L + \Pi_P}{L}$	<b><math>\Pi_O</math> – открытая пористость;</b> <b><math>L</math> – объем льда;</b> <b><math>\Pi_P</math> – резервная пористость</b>



# Коэффициент вариации морозостойкости:

Показатель	Марка бетона по морозостойкости						
	Менее 100	100	150	200	300	400	Более 400
1	2	3	4	5	6	7	8
Коэффициент вариации морозостойкости по литературным данным	0.28	0.28	0.33	0.18	0.233	0.169	0.188
	0.28		0.159	0.588		0.21	0.18
Коэффициент вариации морозостойкости по данным автора		0.3	0.214	0.14	0.211	0.13	
			0.3	0.21		0.21	
Среднее значение	0.28	0.29	0.25	0.28	0.22	0.17	0.19
Предлагаемое нормативное значение		0.30		0.25	0.22		0.18

- Для  $F_{1400}$ :  $(F) = 400 / (1 - 1,645 * 0,18) = 570$
- Для  $F_{1600}$ :  $(F_{2200}) = 600 / (1 - 1,645 * 0,18) = 850$

# Расчетные значения В/Ц для обеспечения показателей качества бетона

Марка цемента  
по ГОСТ 10178

Величина В/Ц для обеспечения требуемой

прочности на  
сжатие

прочности на  
изгиб

морозостойкос  
ти

**M400**

**0,26**

**0,32**

**M500**

**0,31**

**0,35**

**0,34**

**Пример: (данные НИИЖБ)**

**Ц = 480;**

**Щ = 1050; П = 720; В = 139;**

**С-3 = 0,25%;**

**СНВ = 0,015%**

**О.К. = 3 см**

**ВВ = 5,2%**

**Пуз = 6,3 %**

**По = 9,6 %**

**Пуз/0,09·По = 7,29**

**R = 69,1**

**по расчету (72,4 – 81,1)**

**R<sub>f</sub> = 6,99**

**по расчету (6,71) - по формуле СоюзДорНИИ**

**F<sub>2</sub> = 200**

**по расчету (F<sub>1</sub> = 780; по ГОСТ F<sub>2</sub> 200 = F<sub>1</sub> 600)**

**Ц = 430 мм = 50;**

**Импорт СП 0,4%;**

**Импорт ВВ 0,25%;**

**5,5%;**

**81,1 (117%);**

**8,15 (117%);**

**F<sub>2</sub> = 200;**

**Спасибо  
за внимание!**

