

Технология МОНОЛИТНЫХ бетонов в строительстве



Кафедра «Технология вяжущих веществ,
бетонов и строительной керамики»

• **Лекционный курс**

Автор

Касторных Л.И.

Ростов-на-Дону,
2020

Аннотация

Лекционный курс предназначен для студентов очной и заочной форм обучения направления 08.03.01 «Строительство» профиль бакалавриата «Промышленное и гражданское строительство» и «Производство строительных материалов, изделий и конструкций».



Автор

Касторных Любовь Ивановна

доцент, кандидат технических наук

Сфера научных интересов - самоуплотняющиеся бетоны, органо-минеральные модификаторы для бетона, энерго- и ресурсосбережение для заводов ЖБИ, проектирование предприятий товарного бетона и сборного железобетона, разработка НТД для предприятий: бизнес-планы, технические условия, технологические регламенты и технологические карты производства строительной продукции.



ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛЕКЦИЯ №1	Классификация бетонов	4
ЛЕКЦИЯ №2	Выбор материалов для монолитного бетона	16
ЛЕКЦИЯ №3	Виды и свойства бетонных смесей	53
ЛЕКЦИЯ №4	Основные свойства бетонов	73
ЛЕКЦИЯ №5	Структурообразование и прочность бетона	87
ЛЕКЦИЯ №6	Деформации бетона. Проектирование состава бетона	103
ЛЕКЦИЯ №7	Технология монолитного бетона	123
ЛЕКЦИЯ №8	Бетонирование монолитных конструкций	158

ЛЕКЦИЯ 1

КЛАССИФИКАЦИЯ БЕТОНОВ

Содержание

- 1 Классификация бетонов по назначению и свойствам**
- 2 Классификация специальных видов бетонов**
- 3 Классификация бетонов по составу**
- 4 Классификация бетонов по технологии изготовления**

Нормативная база

ГОСТ 25192-2012 Бетоны. Классификация и общие технические требования

ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия

ГОСТ 31914-2012 Бетоны высокопрочные тяжелые и мелкозернистые для монолитных конструкций.

Правила контроля и оценки качества

СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 Конструкции монолитные бетонные и железобетонные. Технические требования к производству работ, правила и методы контроля

ЛЕКЦИЯ 1: КЛАССИФИКАЦИЯ БЕТОНОВ

Классификация бетонов по назначению и свойствам

Классификационный признак	Виды бетонов
Основное назначение:	- конструкционные;
	- специальные (теплоизоляционные, радиационностойкие, декоративные и др.)
Стойкость к видам коррозии:	А - бетоны, эксплуатируемые в среде без риска коррозионного воздействия (ХО);
	Б - бетоны, эксплуатируемые в среде, вызывающей коррозию под действием карбонизации (ХС);
	В - бетоны, эксплуатируемые в среде, вызывающей коррозию под действием хлоридов (ХД и ХС);
	Г - бетоны, эксплуатируемые в среде, вызывающей коррозию под действием попеременного замораживания и оттаивания (ХФ);
	Д - бетоны, эксплуатируемые в среде, вызывающей химическую коррозию (ХА).
	Среда эксплуатации бетона по ГОСТ 31384-2017

ЛЕКЦИЯ 1: КЛАССИФИКАЦИЯ БЕТОНОВ

Классификация бетонов

Классификационный признак	Виды бетонов
Вид вяжущего	- цементные;
	- известковые;
	- шлаковые;
	- гипсовые;
	- специальные (например, полимербетоны, бетоны на магнезиальном вяжущем).
Вид заполнителей	- на плотных заполнителях;
	- на пористых заполнителях;
	- на специальных (например, металлическая дробь, вспененный гранулированный полистирол).

ЛЕКЦИЯ 1: КЛАССИФИКАЦИЯ БЕТОНОВ

Классификация бетонов

Классификационный признак	Виды бетонов
Структура	- плотной;
	- поризованной;
	- ячеистой;
	- крупнопористой.
Условия твердения	- в естественных условиях;
	- в условиях тепловой обработки при атмосферном давлении;
	- в условиях тепловой обработки при давлении выше атмосферного (бетоны автоклавного твердения).
Прочность бетона	- средней прочности (класс прочности при сжатии $B \leq B50$);
	- высокопрочные (класс прочности при сжатии $B \geq B55$).

ЛЕКЦИЯ 1: КЛАССИФИКАЦИЯ БЕТОНОВ

Классификация бетонов по структуре



Классификация бетонов

Классификационный признак	Виды бетонов
Скорость набора прочности в нормальных условиях твердения	<ul style="list-style-type: none">- быстротвердеющие (R_2/R_{28} более 0,4);- медленнотвердеющие ($R_2/R_{28} \leq 0,4$).
Средняя плотность	<ul style="list-style-type: none">- особо легкие (марки менее D800);- легкие (марки от D800 до D2000);- тяжелые (марки более D2000 до D2500);- особо тяжелые (марки более D2500).
Морозостойкость	<ul style="list-style-type: none">- низкой морозостойкости (марки $F_1 50$ и менее);- средней морозостойкости (марки более $F_1 50$ до $F_1 300$);- высокой морозостойкости (марки более $F_1 300$).

Классификация бетонов

Классификационный признак	Виды бетонов
Водонепроницаемость	- низкой водонепроницаемости (марки менее W4);
	- средней водонепроницаемости (марки от W4 до W12);
	- высокой водонепроницаемости (марки более W12).
Истираемость	- низкой истираемости (марка по истираемости G1) (не более $0,7 \text{ г/см}^2$ - в изделиях для конструкций, работающих в условиях повышенной интенсивности движения (плиты дорожных и аэродромных покрытий, плиты тротуаров и т.п.)
	- средней истираемости (марка по истираемости G2) (не более $0,8 \text{ г/см}^2$ - в изделиях для конструкций, работающих в условиях средней интенсивности движения (элементы лестниц общественных и производственных зданий и сооружений, плиты для полов в подземных переходах и т.п.)
	- высокой истираемости (марка по истираемости G3) (не более $0,9 \text{ г/см}^2$ - в изделиях для конструкций, работающих в условиях малой интенсивности движения (элементы лестниц жилых зданий, плиты для покрытий дорог и тротуаров во внутриквартальных проездах и т.п.)

Классификация специальных видов бетонов

- **Напрягающий бетон:** бетон, содержащий расширяющийся цемент или расширяющую добавку, обеспечивающие расширение бетона в процессе его твердения.
- **Быстротвердеющий бетон:** бетон, имеющий быстрый темп набора прочности.
- **Высокофункциональный бетон:** бетон, соответствующий специальным требованиям к функциональности, которые не могут быть достигнуты путем использования традиционных компонентов, методов смешивания, укладки, ухода и твердения.
- **Декоративный бетон:** бетон, получаемый путем обработки окрашиванием, полировкой, текстурированием, тиснением, гравировкой, использованием топпингов и другими приемами для достижения требуемых эстетических свойств.
- **Дренирующий бетон:** бетон, содержащий подобранный крупный заполнитель при отсутствии или минимальном содержании мелкого заполнителя, а также недостаточное для заполнения пор и пустот количество цементного теста.
- **Жаростойкий бетон:** бетон предназначенный для работы в условиях воздействия температур от 800°C до 1800°C.

Классификация бетонов по составу

- **Арболит:** бетон, в котором в качестве заполнителя используют органические материалы растительного происхождения.
- **Армоцемент:** бетон мелкозернистый, в массе которого равномерно распределены тканые или сварные проволочные металлические или неметаллические сетки(также может армироваться стержневой или проволочной арматурой)
- **Бетнополимер:** бетон, пропитанный мономерами или жидкими олигомерами с последующей их полимеризацией (отвержением) в порах бетона.
- **Полимербетон:** бетон, изготовленный из бетонной смеси, содержащей полимер или мономер.
- **Грунтобетон:** бетон, полученный из смеси размолотого или гранулированного грунта, вяжущего и заполнителя.
- **Золобетон:** Легкий бетон, заполнителем которого является зола.
- **Особо тяжелый бетон:** бетон средней плотности в сухом состоянии более 2500 кг/м^3 , в состав которого входят специальные заполнители.
- **Тяжелый бетон:** бетон на цементном вяжущем с плотным крупным и мелким заполнителем.
- **Мелкозернистый бетон:** бетон на цементном вяжущем с плотным мелким заполнителем.
- **Реакционный порошковый бетон:** бетон, изготовленный из тонкоизмельченных реакционно-способных материалов с размером зерна от 0,2 до 300 мкм и характеризующейся высокой прочностью
- **Силикатобетон:** бетон, в котором в качестве вяжущего применяют известь.
- **Рециклированный бетон:** бетон, изготовленный с применением утилизированных вяжущих, заполнителей, воды.
- **Фибробетон:** бетон, содержащий рассредоточенные, беспорядочно ориентированные волокна.

ЛЕКЦИЯ 1: КЛАССИФИКАЦИЯ БЕТОНОВ

Классификация бетонов по технологии изготовления

Автоклавный бетон

Торкрет-бетон

Укатанный бетон

Литой бетон

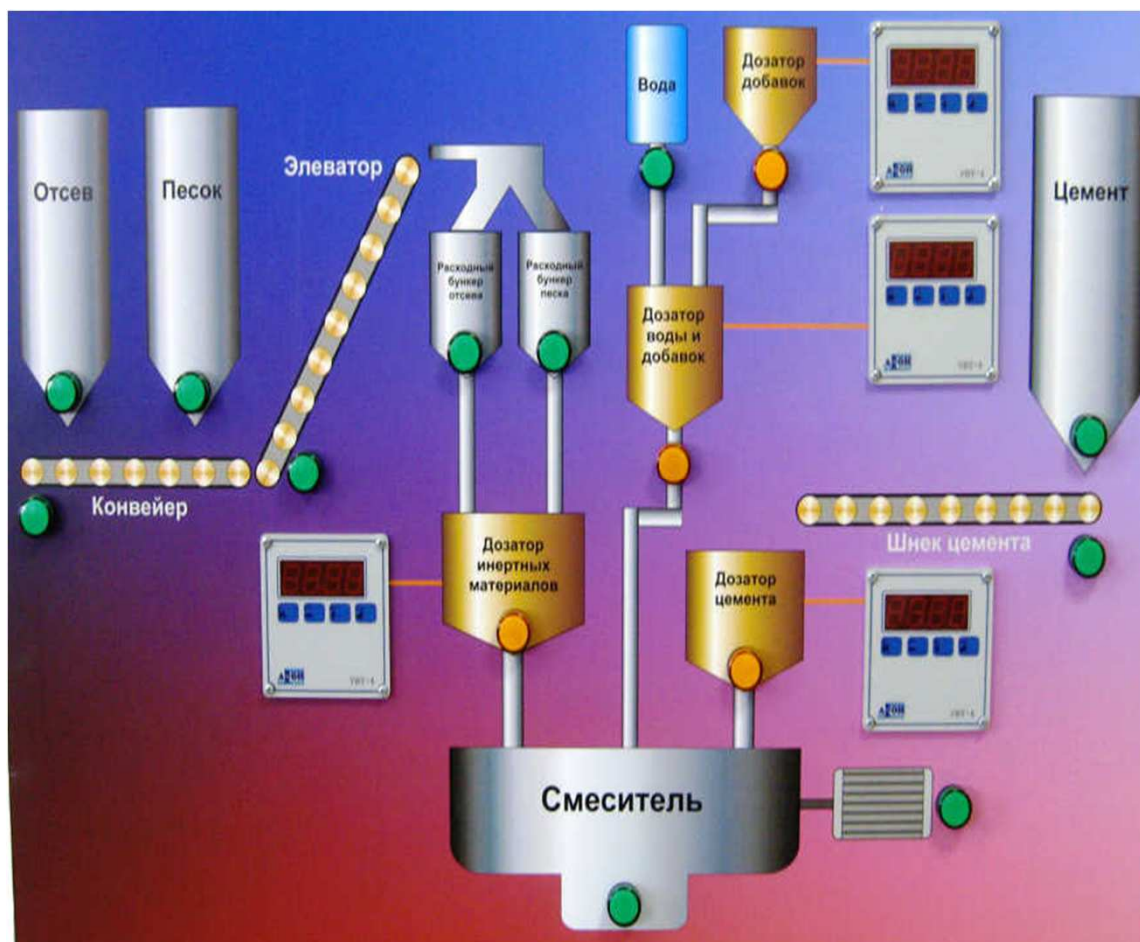
Особо жесткий бетон

Вакуумированный бетон

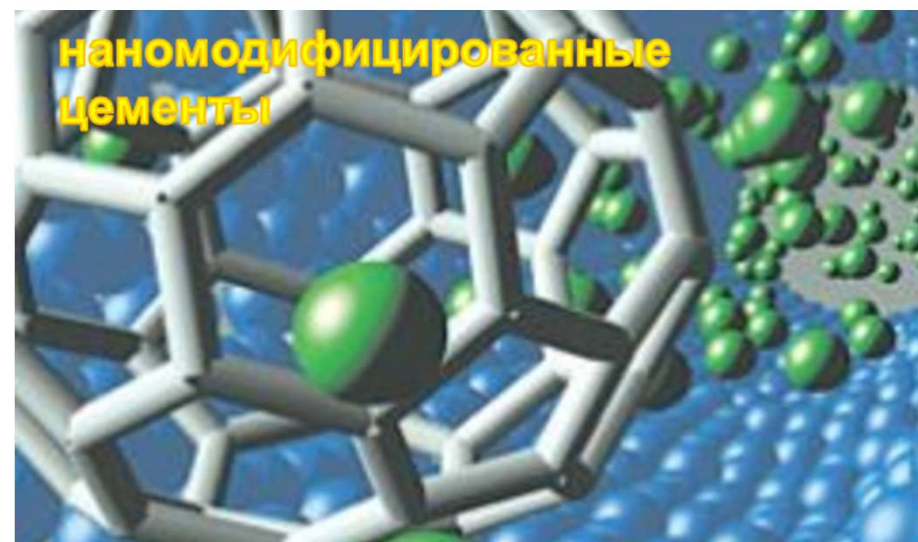
Бетон подводной укладки

Самоуплотняющийся бетон

Бетон роликового формования



Классификация инновационных бетонов



ЛЕКЦИЯ 2

ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Содержание

- 1 Вяжущие вещества**
- 2 Заполнители**
- 3 Вода для приготовления бетонных смесей**
- 4 Добавки для бетона**

ЦЕМЕНТЫ. Нормативная база

ГОСТ 10178-85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия (С Изменениями N 1, 2)

ГОСТ 30515-2013 Цементы. Общие технические условия

ГОСТ 31108-2016 Цементы общестроительные. Технические условия

ГОСТ 22266-2013 Цементы сульфатостойкие. Технические условия

ГОСТ Р 55224-2012 Цементы для транспортного строительства. Технические условия

ГОСТ 33174-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Цемент. Технические требования

ГОСТ 310.1 – ГОСТ 310.5 Цементы. Методы испытания

ГОСТ 30744-2001 Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка.

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Классификация цементов

Признак	По ГОСТ 10178	По ГОСТ 30515
Вещественный состав	- портландцемент (без минеральных добавок)	- тип I - портландцемент, содержащий только портландцементный клинкер
	- портландцемент с добавками (с активными минеральн. добавками не более 20 %)	- тип II/A - портландцемент с минерал. добавками, содержащий портландцем-ый клинкер и минерал. добавку или смесь минеральных добавок в количестве от 6 % до 20 %; - тип II/B - портландцемент с минерал. добавками, содержащий портландцем-ый клинкер и шлак в количестве от 21 % до 35 %
	- шлакопортландцемент (с добавками гранулирован. шлака более 20 %)	- тип III - шлакопортландцемент, содержащий портландцементный клинкер и доменный гранулир-ый, электротермофосфорный или топливный шлак в количестве от 36 % до 65 %.

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Классификация цементов

Признак	По ГОСТ 10178	По ГОСТ 30515
Вещественный состав	-	- тип IV - пуццолановый цемент, содержащий портландцементный клинкер и пуццолану в количестве от 21 % до 35 %
	-	- тип V - композиционный цемент, содержащий портландцементный клинкер и смесь шлака и пуццоланы и/или золы-уноса в количестве от 22 % до 60 %.
Прочность на сжатие в 28-сут. возрасте	Марки: портландцемент - 400, 500, 550 и 600; шлакопортландцемент - 300, 400 и 500; портландцемент быстротвердеющий - 400 и 500; шлакопортландцемент быстротвердеющий - 400.	Классы: 32,5; 42,5; 52,5.

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Классификация цементов

Признак	По ГОСТ 10178	По ГОСТ 30515
Вид клинкера	на основе: - портландцементного клинкера	на основе: - портландцементного клинкера; - глиноземистого (высокоглиноземистого) клинкера; - смеси портландцементного и сульфоалюминатного (сульфоферритного) клинкера.
Назначение	- общестроительные	- общестроительные; - специальные.
Скорость твердения	- нормальнотвердеющие без нормирования прочности в промежуточ. возрасте; - быстротвердеющие (Б) с нормированием прочности в возрасте 3 сут. и 28 сут.	- нормальнотвердеющие (Н) с нормиров. прочности в возрасте 2 (7) и 28 сут.; - быстротвердеющие (Б) с нормиров. прочности в воз. 2 сут., повышенной по сравнению с нормальнотверд., и 28 сут.; - медленнотвердеющие (М) с нормир. нач. прочн. в воз. 7 (2) сут., пониженной по сравнению с нормальнотвердеющ. цементами, и 28 сут.

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Классификация цементов

Признак	По ГОСТ 10178	По ГОСТ 30515
Сроки схватывания	-	<ul style="list-style-type: none">- медленносхватывающиеся<ul style="list-style-type: none">- с нормируемым сроком начала схватывания более 2 ч;- нормальносхватывающиеся<ul style="list-style-type: none">- с нормируемым сроком начала схватывания от 45 мин до 2 ч;- быстр�схватывающиеся<ul style="list-style-type: none">- с нормируемым сроком начала схватывания менее 45 мин.
Содержание в клинкере трехкальциевого алюмината (С ₃ А)	клинкер нормированного состава с содержанием С ₃ А в кол-ве не более 8 % по массе:	-
	для бетона дорожных и аэродромных покрытий, железобетонных напорных и безнапорных труб, железобетонных шпал, мостовых конструкций, стоек опор высоковольтных линий электропередач, контактной сети железнодорожного транспорта	

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Пример условного обозначения портландцемента по ГОСТ 10178:
марки 400, с добавками до 20 %, быстротвердеющего,
пластифицированного:

**Портландцемент 400-Д20-Б-ПЛ ГОСТ 10178-85
(ПЦ 400-Д20-Б-ПЛ ГОСТ 10178-85);**

портландцемента марки 500, без минеральных добавок, на основе
klinkera нормированного состава для бетона дорожных покрытий:

ПЦ 500-Д0-Н.

Пример условного обозначения портландцемента по ГОСТ 31108:
типа ЦЕМ I класса 42,5 быстротвердеющий:

Портландцемент ЦЕМ I 42,5Б ГОСТ 31108-2016;

портландцемент типа ЦЕМ II, подтипа В со шлаком (Ш) от 21 % до 35 %, класса прочности 32,5, нормальнотвердеющий:

ЦЕМ II/В-Ш 32,5Н ГОСТ 31108-2016

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

СНиП 82-02-95 Федеральные (типовые) элементные нормы расхода цемента при изготовлении бетонных и железобетонных изделий и конструкций

Вид и минимальный расход цемента для производства изделий и конструкций, эксплуатируемых в агрессивных условиях, следует выбирать по ГОСТ 31384.

Для высокопрочных бетонов следует применять портландцемент без минеральных добавок марки не ниже ПЦ 500 по ГОСТ 10178 или класса не ниже ЦЕМ I 42,5 по ГОСТ 31108 с содержанием СзА не более 8 %.

Минимальный расход цемента для тяжелых бетонов, эксплуатируемых в неагрессивных условиях:

Вид конструкции	Расход цемента вида, кг/м ³		
	ПЦ-Д0, ПЦ-Д5, ЦЕМ I, ЦЕМ I СС	ПЦ-Д20, ЦЕМ II, ЦЕМ II СС	ШПЦ, ЦЕМ III, ЦЕМ III/A СС, ЦЕМ IV, ЦЕМ V
Неармированные (эксплуатация без замораживания и оттаивания)	Не нормируется		
Армированные с ненапрягаемой арматурой	150	170	180
Армированные с предварительно напряженной арматурой	220	240	270

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Формы поставок цемента:

в мешках,

биг-бэгах,

навалом в вагонах



ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

ЗАПОЛНИТЕЛИ. Нормативная база

ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия

ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия

ГОСТ 31424-2010 Материалы строительные нерудные из отсевов дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия

ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия (с Изменениями N 1-4)

ГОСТ 32495-2013 Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона. Технические условия

ГОСТ 32496-2013 Заполнители пористые для легких бетонов. Технические условия

ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний (с Изменениями N 1, 2, с Поправкой)

ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний

МЕЛКИЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ

ПЕСОК: природный неорганический сыпучий материал с крупностью зерен до 5 мм, образовавшийся в результате естественного разрушения скальных горных пород;

ПЕСОК ОБОГАЩЕННЫЙ: природный неорганический сыпучий материал с крупностью зерен до 5 мм, с улучшенным зерновым составом и меньшим содержанием пылевидных и глинистых частиц;

ПЕСОК ФРАКЦИОНИРОВАННЫЙ: природный неорганический сыпучий материал, разделенный на две или более фракций.

ПЕСОК ИЗ ОТСЕВОВ ДРОБЛЕНИЯ: неорганический сыпучий материал с крупностью зерен до 5 мм, полученный при производстве щебня;

ОБОГАЩЕННЫЙ ПЕСОК ИЗ ОТСЕВОВ ДРОБЛЕНИЯ: неорганический сыпучий материал с крупностью зерен до 5 мм, улучшенным зерновым составом и меньшим содержанием зерен слабых пород и пылевидных и глинистых частиц;

ФРАКЦИОНИРОВАННЫЙ ПЕСОК ИЗ ОТСЕВОВ ДРОБЛЕНИЯ: песок, разделенный на две или более фракции;

ПЕСОК ИЗ ДРОБЛЕННОГО БЕТОНА: неорганический сыпучий материал с крупностью зерен до 5 мм, получаемый из дробленого бетона .

ВЫБОР МЕЛКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ БЕТОНА:

- по зерновому составу,**
- плотности,**
- содержанию пылевидных и глинистых частиц (ПГЧ), в т. ч. глины в комках,**
- наличию и содержанию вредных и посторонних загрязняющих примесей,**
- радиационно-гигиенической характеристике,**
- другим показателям качества, указанным в технической документации.**

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

В зависимости от зернового состава и содержания пылевидных и глинистых частиц песок природный подразделяют на два класса:

- класс I;**
- класс II.**

В зависимости от крупности зерен (модуля крупности) песок классов I и II подразделяют на группы:

- песок класса I:**
 - повышенной крупности, крупный, средний и мелкий;**
- песок класса II:**
 - повышенной крупности, крупный, средний, мелкий, очень мелкий, тонкий и очень тонкий**

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Зерновой состав песка определяют путем отсева песка на стандартном наборе сит, а модуль крупности рассчитывают по формуле:

$$M_K = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100}$$

Группа песка	Модуль крупности M_K			
Повышенной крупности	Св.	3,0	до	3,5
Крупный	"	2,5	до	3,0
Средний	"	2,0	"	2,5
Мелкий	"	1,5	"	2,0
Очень мелкий	"	1,0	"	1,5
Тонкий	"	0,7	"	1,0
Очень тонкий	До 0,7			

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Содержание пылевидных и глинистых частиц (ПГЧ) в мелком заполнителе бетона класса В55 и ниже должно быть не более 3 %, а бетона класса В60 и выше не более 2 % по массе.

Песок, обогащенный песок и фракционированный песок должны обладать стойкостью к химическому воздействию щелочей цемента.

Песок в зависимости от значений удельной эффективной активности естественных радионуклидов $A_{эфф}$ применяют:

- $A_{эфф}$ до 370 Бк/кг - во вновь строящихся жилых и общественных зданиях;
- $A_{эфф}$ св. 370 до 740 Бк/кг - для дорожного строительства в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных зданий и сооружений;
- $A_{эфф}$ св. 740 до 1500 Бк/кг - в дорожном строительстве вне населенных пунктов.

КРУПНЫЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ

ЩЕБЕНЬ ИЗ ГОРНЫХ ПОРОД: неорганический зернистый сыпучий материал с зернами крупностью св. 5 мм, получаемый дроблением горных пород, гравия и валунов, попутно добываемых вскрышных и вмещающих пород или некондиционных отходов горных предприятий по переработке руд и последующим рассевом продуктов дробления;

ГРАВИЙ ИЗ ГОРНЫХ ПОРОД: неорганический зернистый сыпучий материал с зернами крупностью св. 5 мм, получаемый рассевом природных гравийно-песчаных смесей;

ЩЕБЕНЬ ИЗ ОТСЕВОВ ДРОБЛЕНИЯ: неорганический зернистый сыпучий материал с крупностью зерен более 5 мм, извлекаемый из отсевов дробления горных пород, гравия и валунов путем отсева;

ЩЕБЕНЬ ИЗ ДРОБЛЕННОГО БЕТОНА: Неорганический зернистый сыпучий материал с зернами крупностью свыше 5 мм, получаемый из дробленого бетона при разрушении зданий и сооружений, мостовых конструкций, покрытий из бетона в дорожном строительстве

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

ВЫБОР КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ БЕТОНА:

- по зерновому составу,
- прочности,
- истираемости,
- морозостойкости,
- плотности,
- форме зерен;
- содержанию зерен слабых пород.
- содержанию пылевидных и глинистых частиц,
- устойчивости структуры,
- наличию и содержанию вредных и посторонних загрязняющих примесей,
- радиационно-гигиенической характеристике,
- другим показателям качества.

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Щебень и гравий выпускают в виде фракций:

- от 5(3) до 10 мм;
- св. 10 до 15 мм;
- св. 10 до 20 мм;
- св. 15 до 20 мм;
- св. 20 до 40 мм;
- св. 40 до 80(70) мм.

Допускается выпуск фракций:

- от 80(70) до 120 мм,
- св. 120 до 150 мм;
- смеси фракций от 5(3) до 20 мм;
- смеси, составленные из других фракций.

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Наибольшая крупность зерен заполнителя должна быть менее: $1/2$ наименьшей толщины конструкции;

- $2/3$ наименьшего расстояния между стержнями арматуры,**
- $1/3$ внутреннего диаметра бетоновода при перекачивании бетононасосом.**

При приготовлении бетонной смеси крупный заполнитель следует применять в виде отдельно дозируемых фракций.

Зерновой состав крупного заполнителя

Наибольшая крупность зерен, мм	Содержание фракций, %, размером, мм				
	5...10	10...20	20...40	40...80	80...120
10	100	-	-	-	-
20	25-40	60-75	-	-	-
40	15-25	20-35	40-65	-	-
80	10-20	15-25	20-35	35-55	-
120	5-10	10-20	15-25	20-30	25-35

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Прочность щебня и гравия характеризуют маркой по дробимости при сжатии (раздавливании) в цилиндре.

Марки по дробимости щебня из изверженных пород:
1400, 1200, 1000, 800, 600.

Марка по дробимости щебня из осадочных и метаморфических пород:
1200, 1000, 800, 600, 400, 300, 200.

Для бетона классов по прочности на сжатие В60 и выше следует применять щебень из плотных горных пород марки по дробимости не ниже 1200.

Щебень и гравий, предназначенные для строительства автомобильных дорог, характеризуют маркой по дробимости при сжатии (раздавливании) в цилиндре и **маркой по истираемости**, определяемой испытанием в полочном барабане:

И1, И2, И3, И4 (по потере массы при испытании от 25 % до 60 %).

Щебень из дробленого бетона не следует применять в бетонах класса по прочности на сжатие выше В35.

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Морозостойкость щебня и гравия характеризуют числом циклов замораживания и оттаивания, при котором потери в процентах по массе щебня и гравия не превышают установленных значений.

Марки по морозостойкости щебня и гравия:

F15, F25, F50, F100, F150, F200, F300, F400.

Марка по морозостойкости крупного заполнителя в зависимости от температуры эксплуатации конструкций:

Среднемесячная температура наиболее холодного месяца, °С	От 0 °С до минус 10 °С	От минус 10 °С до минус 20 °С	Ниже минус 20 °С
Марка по морозостойкости щебня и гравия	F100	F200	F300

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Форму зерен щебня и гравия характеризуют содержанием зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы.

Щебень в зависимости от содержания зерен пластинчатой и игловатой формы подразделяют на пять групп:

Группа щебня	Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, % по массе
1	До 10 включ.
2	Св. 10 до 15 включ.
3	Св. 15 до 25 включ.
4	Св. 25 до 35 включ.
5	Св. 35 до 50 включ.

Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм в крупном заполнителе не должно превышать 35 % массы.

Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм в щебне для бетонов классов по прочности на сжатие В60 и выше не должно превышать 15 % массы.

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Содержание зерен слабых пород в щебне и гравии в зависимости от вида горной породы и марки по дробимости не должно превышать:

Вид породы и марка по дробимости щебня и гравия	Содержание зерен слабых пород, % по массе
Щебень из изверженных, метаморфических и осадочных пород марок:	
1400; 1200; 1000	5
800; 600; 400	10
300	15
Щебень из гравия и валунов и гравий марок:	
1000; 800; 600	10
400	15

Содержание зерен слабых пород в щебне для бетона классов В60 и выше не должно превышать 5 % массы.

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Содержание пылевидных и глинистых частиц (ПГЧ) в щебне из изверженных и метаморфических пород, щебне из гравия и в гравии для бетонов классов по прочности на сжатие В25 и выше не должно превышать 1,0 % массы.

Содержание пылевидных и глинистых частиц в щебне из осадочных пород для бетонов класса В25 и выше не должно превышать 2,0 % массы.

Содержание глины в комках не должно превышать:

Марка по дробимости щебня и гравия	Содержание глины в комках, % по массе
Щебень из изверженных, метаморфических и осадочных пород марок:	
400 и выше	0,25
300, 200	0,5
Щебень из гравия и гравий марок:	
1000, 800, 600, 400	0,25
Щебень из валунов марок:	
1200, 1000, 800, 600	0,25

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Устойчивость структуры крупного заполнителя против всех видов распадов, определяемая потерей массы при распаде, должна соответствовать требованиям:

Марка по дробимости щебня	Потеря массы при распаде, %, не более
1000 и выше	3
800, 600	5
400 и ниже	7

Стойкость щебня и гравия определяют по минералого-петрографическому составу исходной горной породы и содержанию вредных компонентов и примесей, снижающих долговечность бетона и вызывающих коррозию арматуры железобетонных изделий и конструкций.

Щебень и гравий, предназначенные для применения в качестве заполнителей для бетонов, должны обладать стойкостью к химическому воздействию щелочей цемента.

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Крупный заполнитель в зависимости от значений удельной эффективной активности естественных радионуклидов $A_{эфф}$ применяют:

- $A_{эфф}$ до 370 Бк/кг - во вновь строящихся жилых и общественных зданиях;
- $A_{эфф}$ св. 370 до 740 Бк/кг - для дорожного строительства в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных зданий и сооружений;
- $A_{эфф}$ св. 740 до 1500 Бк/кг - в дорожном строительстве вне населенных пунктов.

При проектных требованиях к бетону марки по морозостойкости $F_{1,200}$ ($F_{2,100}$) и выше должен применяться крупный заполнитель из изверженных и метаморфических пород с водопоглощением не более 1,0 %, из осадочных пород - с водопоглощением не более 2,5 %.

ВОДА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Нормативная база - ГОСТ 23732-2011 Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия

Для затворения бетонной смеси и приготовления растворов химических добавок, а также для ухода за твердеющим бетоном и промывки заполнителей, может применяться вода следующих видов:

- питьевая вода по ГОСТ 2874;
- естественная поверхностная и грунтовая вода;
- техническая вода;
- морская и засоленная вода;
- вода после промывки оборудования для приготовления и транспортирования бетонных и растворных смесей.

Вода не должна содержать химических соединений и примесей в количествах, которые могут повлиять на сроки схватывания цемента, скорость твердения, прочность, морозостойкость и водонепроницаемость бетона, коррозию арматуры в пределах, превышающих нормы.

Не допускается применение сточной, болотной и торфяной воды.

ДОБАВКИ ДЛЯ БЕТОНА

Нормативная база

ГОСТ 24211-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия,

ГОСТ 30459-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Определение и оценка эффективности,

ГОСТ Р 56592-2015 Добавки минеральные. Технические условия,

ГОСТ Р 56593-2015 Добавки минеральные. Методы испытаний,

ГОСТ Р 56178-2014 Модификаторы органо-минеральные типа МБ для бетонов, строительных растворов и сухих смесей. Технические условия.

Добавки в зависимости от основного эффекта действия подразделяют на **4 класса:**

1 Добавки, регулирующие свойства бетонных и растворных смесей

2 Добавки, регулирующие свойства бетонов и растворов

3 Добавки, придающие бетонам и растворам специальные свойства

4 Минеральные добавки

1 Добавки, регулирующие свойства бетонных и растворных смесей:

- **пластифицирующие:**
 суперпластифицирующие,
 пластифицирующие;
- **водоредуцирующие (водопонижающие):**
 суперводоредуцирующие,
 водоредуцирующие;
- **стабилизирующие (водоудерживающие);**
- **регулирующие сохраняемость подвижности;**
- **увеличивающие воздухо- (газо) содержание.**

2 Добавки, регулирующие свойства бетонов и растворов:

- регулирующие кинетику твердения:
ускорители,
замедлители;**
- повышающие прочность;**
- снижающие проницаемость;**
- повышающие защитные свойства по отношению к стальной арматуре;**
- повышающие морозостойкость;**
- повышающие коррозионную стойкость;**
- расширяющие.**

3 Добавки, придающие бетонам и растворам специальные свойства:

- противоморозные:

для «холодного» бетона,

для «теплого» бетона;

- гидрофобизирующие (водоотталкивающие);

- фотокаталитические (пылеотталкивающие).

4 Минеральные добавки

В зависимости от характера взаимодействия с продуктами гидратации цемента подразделяют на типы:

- тип I – активные;

- тип II – инертные.

Активные минеральные добавки (АМД) вступают в химическое взаимодействие с продуктами гидратации цемента и могут быть заменителями цемента.

АМД подразделяют на следующие группы:

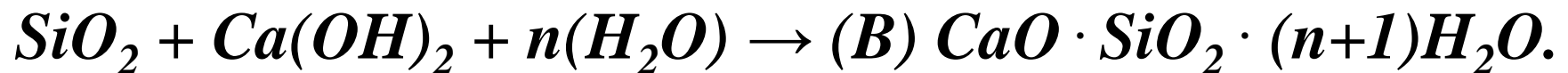
- обладающие вяжущими свойствами;
- обладающие пуццолановой активностью;
- обладающие одновременно вяжущими свойствами и пуццолановой активностью.

Инертные минеральные добавки не вступают в химическое взаимодействие с продуктами гидратации цемента и являются наполнителями.

ЛЕКЦИЯ 2: МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Механизм действия активных минеральных добавок обусловлен их химическим взаимодействием с известью, образующейся в результате гидролиза C_3S при гидратации цемента. При этом в основном образуются низкоосновные гидросиликаты кальция типа C-S-H (B), гидроалюминаты- и гидроферриты кальция, которые увеличивая гелевую составляющую цементного камня, улучшают прочностные и деформативные свойства бетона.

Пуццоланический эффект действия тонкодисперсных добавок в бетонах проявляется в химическом взаимодействии активного кремнезема с известью по схеме:



Органо-минеральный модификатор типа МБ (модификатор) - поликомпонентный порошкообразный материал с размером гранул не более 0,5 мм, включающий в себя минеральную и органическую части и предназначенный для одновременного улучшения технологических и физико-механических свойств цементных систем.

Минеральная часть модификатора - дисперсный порошок неорганического природного (метакаолин, гипс) и/или техногенного (микрокремнезем, зола-уноса) происхождения.

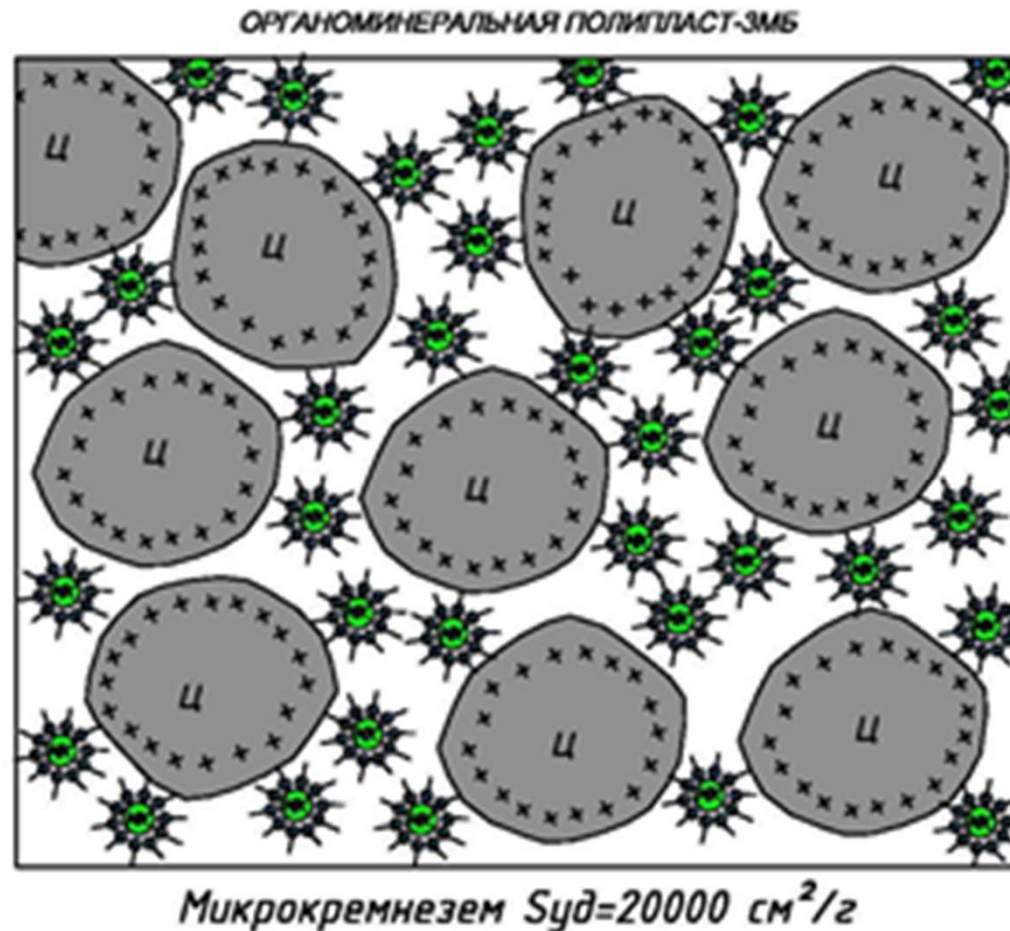
Органическая часть модификатора - химические добавки органического происхождения.

Органо-минеральные модификаторы типа МБ

применяют для получения:

- бетонных смесей улучшенных технологических свойств, в том числе высокоподвижных и самоуплотняющихся, обладающих высокой степенью сохраняемости, удобоукладываемости и сегрегационной устойчивости (водоотделения, расслаиваемости),**
- высокопрочных, непроницаемых, коррозионно-стойких, напрягающих, расширяющихся, с частично компенсированной усадкой бетонов и растворов, применяемых в промышленном, гражданском, транспортном и других видах строительства, включая системы питьевого водоснабжения.**

Механизм действия модификатора типа МБ



Ц – частицы цемента; МК – частицы минеральной добавки с закрепленными на них молекулами суперпластификатора

ЛЕКЦИЯ 3

ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Содержание

- 1 Виды бетонных смесей**
- 2 Основные свойства бетонных смесей**
- 3 Технология приготовления бетонных смесей**
- 4 Контроль качества материалов и готовых смесей**

Нормативная база

ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия

ГОСТ 31357-2007 Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Общие технические условия

СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 Конструкции монолитные бетонные и железобетонные. Технические требования к производству работ, правила и методы контроля

ГОСТ 10181-2014 Смеси бетонные. Методы испытаний

ГОСТ 31356-2007 Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний

ЛЕКЦИЯ 3: ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

СМЕСЬ БЕТОННАЯ – готовая к применению рационально подобранная, тщательно перемешанная смесь вяжущего, заполнителей и воды с добавлением или без добавления химических и минеральных добавок, которая после уплотнения, схватывания и твердения превращается в бетон.

СМЕСЬ СУХАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ БЕТОННАЯ – смесь сухих компонентов вяжущего, заполнителей и добавок, дозированных и перемешанных на заводе, затворяемая водой перед употреблением.

ТОВАРНАЯ БЕТОННАЯ СМЕСЬ – бетонная смесь, поставляемая в пластичном состоянии лицами или организациями, не являющимися потребителями.

БЕТОННАЯ СМЕСЬ, ПРИГОТОВЛЕННАЯ НА СТРОЙПЛОЩАДКЕ – смесь, приготовленная в месте строительства производителем работ для собственного использования.

БЕТОННАЯ СМЕСЬ ЗАДАННОГО КАЧЕСТВА – бетонная смесь, требуемые свойства которой задаются производителю, несущему ответственность за обеспечение этих требуемых свойств и дополнительных характеристик.

БЕТОННАЯ СМЕСЬ ЗАДАННОГО СОСТАВА – бетонная смесь, состав которой и используемые при ее приготовлении составляющие задаются производителю, несущему ответственность за обеспечение этого состава.

БЕТОННАЯ СМЕСЬ ЗАДАННОГО НОРМИРОВАННОГО СОСТАВА – бетонная смесь заданного состава, который определен конкретным стандартом или техническим документом, например, производственными нормами.

КЛАССИФИКАЦИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ПО ТИПУ БЕТОНА:

- **бетонные смеси тяжелого бетона (БСТ);**
- **бетонные смеси мелкозернистого бетона (БСМ);**
- **бетонные смеси легкого бетона (БСЛ).**

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА БЕТОННОЙ СМЕСИ:

- **удобоукладываемость;**
- **расслаиваемость (водоотделение и растворотделение);**
- **сохраняемость свойств во времени;**
- **объем вовлеченного воздуха;**
- **средняя плотность;**
- **пористость;**
- **температура.**

ЛЕКЦИЯ 3: ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Удобоукладываемость – это способность бетонной смеси заполнять форму бетонируемого изделия под действием сил тяжести или вибрации.

В зависимости от показателя удобоукладываемости бетонные смеси подразделяют на группы:

- **жесткие (Ж),**
- **подвижные (П),**
- **растекающиеся (Р),**
- **самоуплотняющиеся (СУ) (СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011).**

Группы подразделяют на марки по удобоукладываемости.

Жесткие смеси характеризуются жесткостью – временем вибрации в секундах, которое необходимо для выравнивания бетонной смеси и появления цементного теста в отверстиях прибора.

Подвижные смеси оцениваются осадкой конуса (ОК), отформованного из бетонной смеси.

Растекающиеся смеси определяются величиной расплыва на встряхивающем столе.

Самоуплотняющиеся смеси оцениваются диаметром расплыва конуса (ДР), отформованного из бетонной смеси.

Уплотняемость смеси характеризуется степенью уплотняемости, которую оценивают по разности высот бетонной смеси в форме до и после её уплотнения.

ЛЕКЦИЯ 3: ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Марки по удобоукладываемости

Для жестких смесей:

Марки по жесткости

Марка	Жесткость, с
Ж1	5 – 10
Ж2	11 – 20
Ж3	21 – 30
Ж4	31 – 50
Ж5	Более 50

Для подвижных смесей:

Марки по осадке конуса

Марка	Осадка конуса, см
П1	1 – 4
П2	5 – 9
П3	10 – 15
П4	16 – 20
П5	Более 20

Для растекающихся смесей:

Марки по расплыву конуса

Марка	Диаметр расплыва, см
Р1	Менее 35
Р2	35 – 41
Р3	42 – 48
Р4	49 – 55
Р5	56 – 62
Р6	Более 62

Оценка уплотняемости:

Марки по уплотнению

Марка	Коэффициент уплотнения
КУ1	Более 1,45
КУ2	1,45 – 1,26
КУ3	1,25 – 1,11
КУ4	1,10 – 1,04
КУ5	Менее 1,04

ЛЕКЦИЯ 3: ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Для самоуплотняющихся смесей:

Марки по растекаемости

Марка	Диаметр расплыва, см
СУ1 (SF-1)*	55 – 65
СУ2 (SF-2)*	66 – 75
СУ3 (SF-3)*	76 – 85

Примечание – * - маркировка по методике EN 12350.5-2000.

Условное обозначение бетонной смеси **заданного качества:**

бетонной смеси тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В35, марки по удобоукладываемости П3, марок бетона по морозостойкости F₁₂₀₀ и водонепроницаемости W8:

БСТ В35 П3 F₁₂₀₀ W8 ГОСТ 7473-2010;

бетонной смеси мелкозернистого бетона класса по прочности на сжатие В25, марки по удобоукладываемости П2, марок бетона по морозостойкости F₁₁₀₀ и водонепроницаемости W4:

БСМ В25 П2 F₁₁₀₀ W4 ГОСТ 7473-2010;

бетонной смеси легкого бетона класса по прочности на сжатие В12,5, марки по удобоукладываемости П1, марок бетона по морозостойкости F₁₁₀₀, водонепроницаемости W2, средней плотности D900:

БСЛ В12,5 П1 F₁₁₀₀ W2 D900 ГОСТ 7473-2010.

ЛЕКЦИЯ 3: ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

При заказе **товарной бетонной смеси заданного качества** потребитель должен указывать требования к прочности бетона по проектному классу и, при необходимости, по минимальной средней прочности бетона в каждой поставляемой партии, а требования по удобоукладываемости – по маркам и, при необходимости, по конкретным значениям.

Условное обозначение товарной бетонной смеси заданного качества:

бетонной смеси тяжелого бетона класса по прочности на сжатие **B25** с минимальной требуемой прочностью бетона 33 МПа, марки по удобоукладываемости П1, с осадкой конуса 3 см, марок бетона по морозостойкости **F1200** и водонепроницаемости **W4**:

БСТ B25 ($R_m^T \geq 33$ МПа) П1 (ОК 3 см) F1200 W4 ГОСТ 7473-2010

бетонной смеси тяжелого бетона класса по прочности на сжатие **B30** с минимальной требуемой прочностью бетона 40 МПа, марки по удобоукладываемости СУ1, с диаметром расплыва 58 см, марок бетона по морозостойкости **F1200** и водонепроницаемости **W6**:

БСТ B30 ($R_m^T \geq 40$ МПа) СУ1 (ДР 58 см) F1200 W6 СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011

При заказе **бетонной смеси заданного состава** ее условное обозначение не приводят, а указывают состав смеси и качество используемых при ее приготовлении составляющих.

ЛЕКЦИЯ 3: ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Показатели расслаиваемости бетонной смеси (водоотделение и растворотделение) характеризуют способность смеси сохранять однородность при транспортировании, перегрузке, укладке и уплотнении.

Требования к расслаиваемости бетонной смеси

Марка по удобоукладываемости	Расслаиваемость бетонной смеси, %, не более		
	Водоотделение	Растворотделение	
		тяжелых и мелко-зернистых бетонов	легких бетонов
Ж1 - Ж5	0,2	3	4
П1 - П2	0,4	3	4
П3 - П5 и Р1 - Р6	0,8	4	6

Сохраняемость свойств во времени характеризует способность смеси сохранять свои свойства в течение требуемого времени от момента приготовления.

Объем вовлеченного воздуха – показатель, отражающий содержание в составе бетонной смеси вовлеченного воздуха в виде равномерно распределенных воздушных пузырьков размером 10 – 15 мкм.

Бетонные смеси для бетонов марки по морозостойкости **F₁₂₀₀ (F₂₁₀₀)** и выше должны изготавливаться с применением воздухововлекающих (микрогазообразующих) добавок. Содержание вовлеченного воздуха в бетонной смеси должно быть не менее 4 %.

ЛЕКЦИЯ 3: ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Температуру бетонной смеси измеряют термометром, погружая его в смесь на глубину не менее 5 см.

Марка по средней плотности, пористость, температура и сохраняемость свойств во времени должны соответствовать значениям, указанным в договоре на поставку бетонной смеси.

Для бетонных смесей, транспортируемых и укладываемых с помощью бетононасосов, важной характеристикой является **перекачиваемость**.

Требования к материалам перекачиваемой бетонной смеси

Наименование показателей	Ед. изм.	Величина
Относительное водосодержание цемента $X_{ц}$	-	1,2 – 2,4
Степень заполнения пустот в песке цементным тестом $X_{п}$	-	1,1 – 1,9
Степень заполнения пустот в крупном заполнителе раствором $X_{щ}$	-	1,2 – 1,9
Минимально допустимый расход вяжущего $Вяз_{min}$	кг	300
Объем тонкодисперсных фракций	л/м ³	170 – 200
Наибольшая крупность заполнителя $НК$	мм	20
Расход крупного заполнителя $Щ$	л/м ³	≤ 340
Содержание мелкого заполнителя в смеси заполнителей $П/(П+Щ)$	-	0,4 – 0,7

ЛЕКЦИЯ 3: ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Показатели концентрации составляющих материалов:

$$X_{\text{Ц}} = \frac{B/\text{Ц}}{K_{\text{НГ}}}$$

$$X_{\text{П}} = \frac{V_{\text{T}}}{V_{\text{P}} \cdot \Pi_{\text{П}}}$$

$$X_{\text{Щ}} = \frac{V_{\text{P}}}{V_{\text{Б}} \cdot \Pi_{\text{Щ}}}$$

где **$B/\text{Ц}$** – водоцементное отношение;

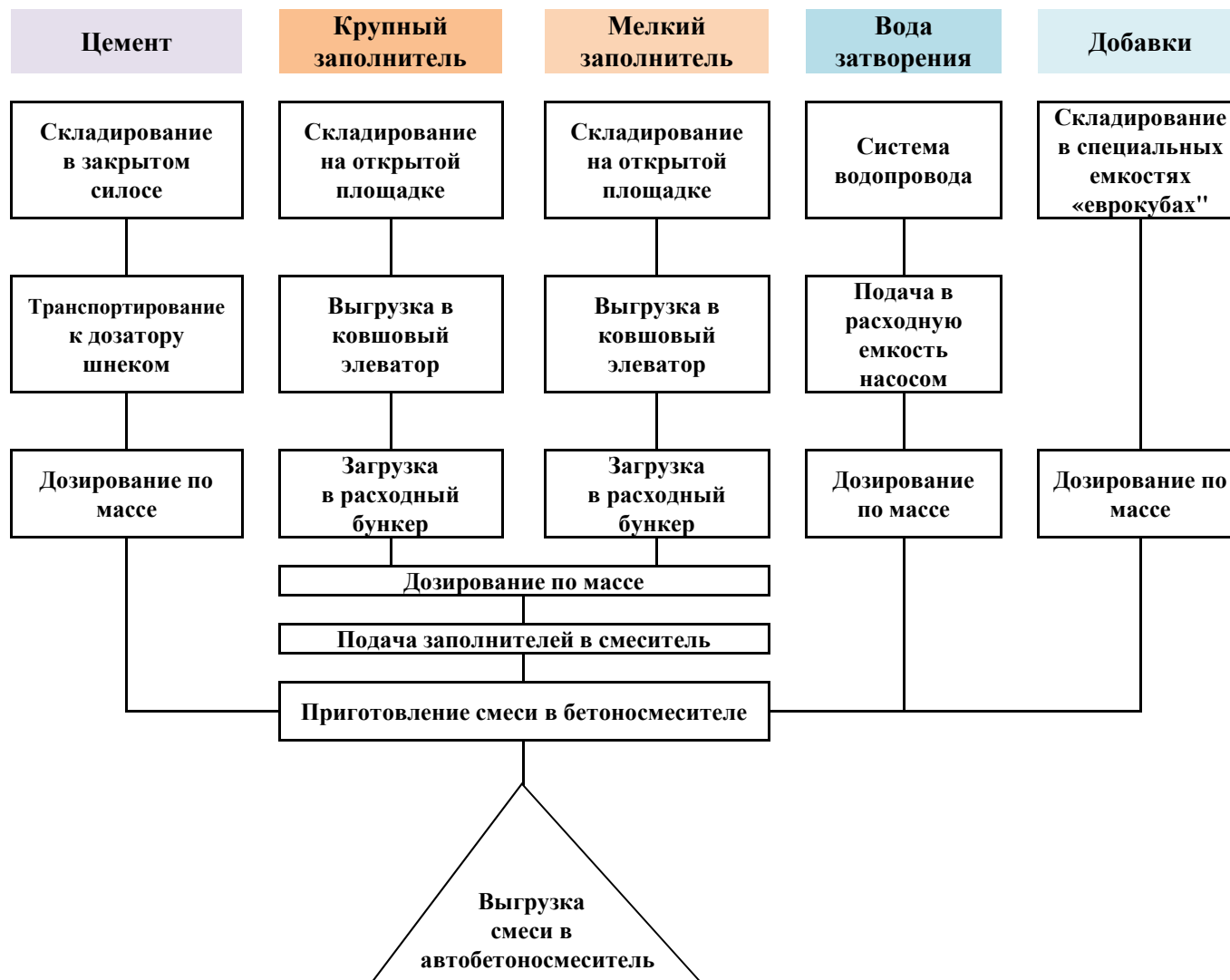
$K_{\text{НГ}}$ – коэффициент нормальной густоты цементного теста, относительные единицы;

V_{T} , V_{P} , $V_{\text{Б}}$ – объемы цементного теста, растворной части и бетонной смеси соответственно;

$\Pi_{\text{п}}$, $\Pi_{\text{щ}}$ – межзерновая пустотность песка и щебня соответственно, относительные единицы.

ЛЕКЦИЯ 3: ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ



ЛЕКЦИЯ 3: ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Производство бетонных смесей включает следующие основные технологические процессы:

- прием и хранение материалов;**
- подготовка (обогащение) материалов;**
- внутризаводской транспорт материалов;**
- дозирование и перемешивание компонентов смеси;**
- выдача готовой бетонной смеси на транспортные средства.**

Плотные заполнители бетонной смеси дозируют по массе. Пористые заполнители дозируют по объему с коррекцией по массе. Жидкие составляющие дозируют по массе или объему.

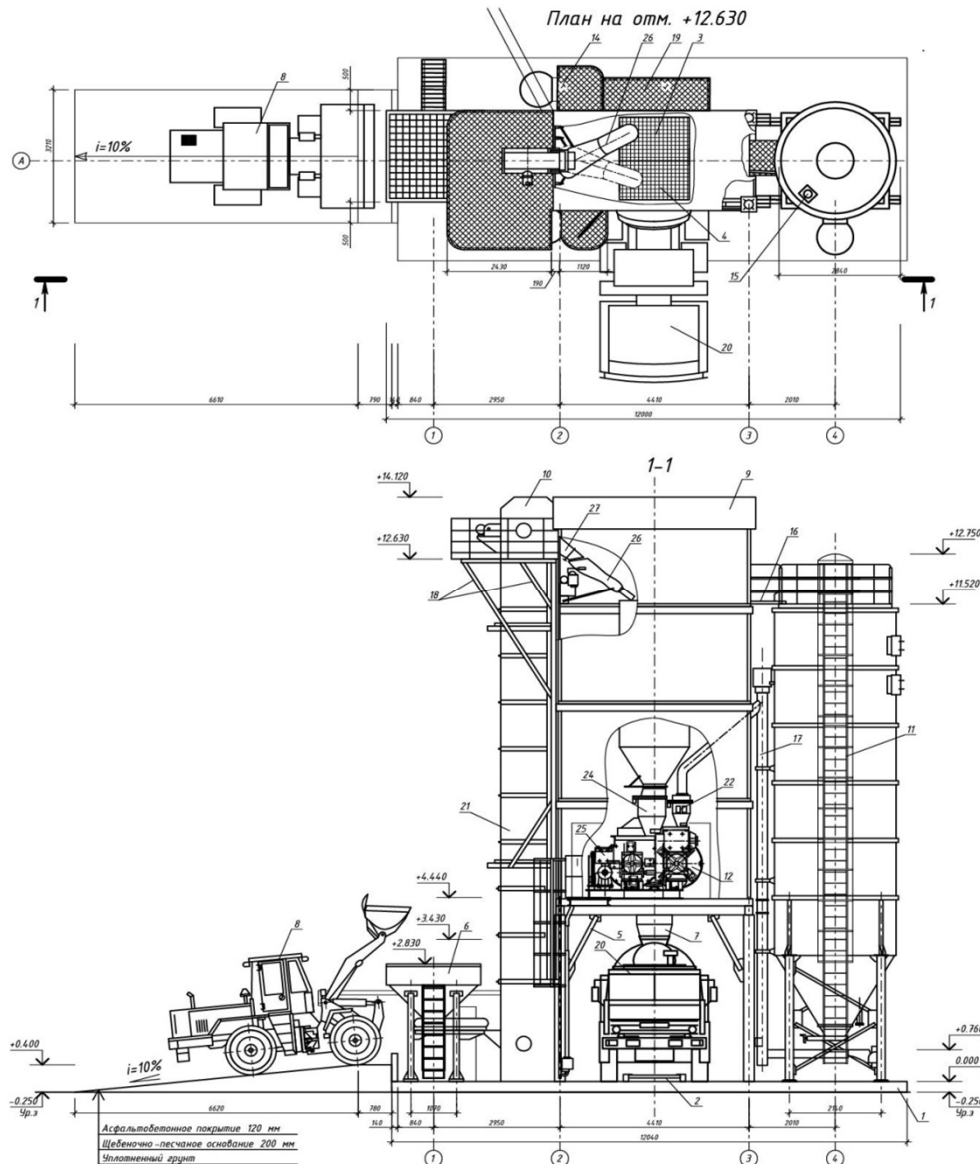
Погрешность дозирования исходных материалов весовыми дозаторами не должна превышать $\pm 2\%$ для цемента, воды, химических и минеральных добавок, $\pm 3\%$ - для заполнителей.

Бетонные смеси всех типов и марок по удобоукладываемости приготавливают в смесителях принудительного действия.

Бетонные смеси тяжелого и мелкозернистого бетонов марок по удобоукладываемости Ж1 и П1 - П5, а также легкого бетона классов по прочности В12,5 и выше, средней плотностью D1600 и выше допускается приготавливать в гравитационных смесителях.

ЛЕКЦИЯ 3: ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Производство бетонных смесей (Мобильный бетоносмесительный узел – МБСУ-0,5)



Спецификация

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Масса, т	Примеч.
1		Рама	1	1,50	
2		Лоток системы рециклинга	1	0,40	
3	БР-500	Бункер расходный	1	0,75	
4	БР-400	Бункер дополнительный	1	0,50	
5		Связь жесткости рамы	1	0,01	
6	ПБ-100	Блок подающий	2	0,85	
7		Выгрузочная воронка	1	0,18	
8	ЗТМ-216	Автопогрузчик	1	2,7	
9		Ангар	1	2,5	
10		Галерея	1	0,09	
11		Лестница металлическая	1	0,05	
12	БП-2Г-500с	Двухвальный бетоносмеситель	1	3,4	
13		Операторская (контейнер)	1	1,5	
14		Лестница с площадкой	1	0,07	
15	СЦ-32	Склад (силос) цемента	1	2,0	60 м ³
16		Мостик металлический	1	0,07	
17		Лоток подачи цемента	1	0,04	
18		Кронштейн опорный	1	0,05	
19		Площадка	1	0,10	
20	КАМАЗ	Автобетоносмеситель	1	6,0	
21	ЛГ-250	Элеватор	1	1,5	
22	ДЦ-300	Дозатор цемента	1	0,10	
23	П-50	Шнековый питатель	1	0,27	
24	ДЭ-600	Дозатор заполнителей	1	0,25	(2x10 м ³)
25	ПУ	Пульт управления	1	0,01	
26	ЛП-150	Лоток раздающий	1	0,08	
27		Питатель элеватора	1	0,04	

ЛЕКЦИЯ 3: ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Производство бетонных смесей

(Мобильный бетоносмесительный узел – МБСУ-0,5)

Технические характеристики МБСУ-0,5

<i>Параметр</i>	<i>Значение</i>
<i>Производительность, м³/ч</i>	<i>25</i>
<i>Режим работы автоматический / ручной</i>	
<i>Бетоносмеситель</i>	<i>БП-2Г-500 с</i>
<i>Бункера заполнителей (кол-во x объем, м³)</i>	<i>2 x (8, 20)</i>
<i>Объем силоса цемента, м³</i>	<i>60</i>
<i>Пневматика Satozzi Компрессор Авас</i>	
<i>Исполнение</i>	<i>зимнее</i>
<i>Подача инертных в бетоносмеситель</i>	<i>элеватор</i>
<i>Общая мощность, кВт</i>	<i>60</i>
<i>Емкость расходного бака воды, м³</i>	<i>2</i>
<i>Высота, мм</i>	<i>14825</i>
<i>Ширина, мм</i>	<i>10500</i>
<i>Длина, мм</i>	<i>12000</i>
<i>Масса, т</i>	<i>20</i>

ЛЕКЦИЯ 3: ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ И ГОТОВЫХ СМЕСЕЙ

Виды контроля:

- **входной контроль** качества материалов;
- **операционный контроль** приготовления бетонной смеси;
- **приемочный контроль** готовой бетонной смеси,
который включает **приемо-сдаточные**
и периодические испытания.

ЛЕКЦИЯ 3: ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МАТЕРИАЛОВ И ГОТОВЫХ СМЕСЕЙ

Карта входного контроля качества материалов

Объект контроля	Технологическая операция	Контролируемый показатель	Метод и средства контроля	Периодичность контроля
Цемент	Прием	Вид, марка (класс), объем партии	По документам поставщиков (контрольное взвешивание при необходимости)	Каждая партия
		Прочность, сроки схватывания, нормальная густота цементного теста, равномерность изменения объема	По ГОСТ 310.1 - 310.4 или ГОСТ 30744, определение прочности путем испытания в бетоне.	Каждая партия
		Удельная эффективная активность естественных радионуклидов $A_{эфф}$	По документам поставщиков По ГОСТ 30108	Каждая партия Один раз в год
	Разгрузка и транспортирование	Соблюдение правил, обеспечивающих предотвращение потерь и смешивания различных цементов	Осмотр и наблюдение	Каждая партия
	Хранение	Исправность бункеров для хранения	Осмотр и наблюдение	Ежемесячно
		Сохранение свойств и отсутствие слеживания	Осмотр, контрольные испытания при необходимости	
Щебень	Прием	Вид, объем партии	По документам поставщиков (контрольное взвешивание при необходимости)	Каждая партия
		Зерновой состав, наибольшая крупность, содержание пылевидных и глинистых частиц, глины в комках	По ГОСТ 8269.0	Каждая партия, не реже одного раза в неделю
		Прочность (марка по дробимости)		Каждая партия
		Наличие зерен слабых пород и зерен пластинчатой и игловатой формы		Каждая партия
		Морозостойкость		Один раз в шесть месяцев
		Удельная эффективная активность естественных радионуклидов $A_{эфф}$	По документам поставщиков По ГОСТ 30108	Каждая партия Один раз в год
	Разгрузка и транспортирование	Соблюдение правил выгрузки, недопущение засорения, сегрегации	Осмотр и наблюдение	Каждая партия
	Хранение	Исправность бункеров для хранения		Ежемесячно

ЛЕКЦИЯ 3: ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Карта входного контроля качества материалов

Объект контроля	Технологическая операция	Контролируемый показатель	Метод и средства контроля	Периодичность контроля
Песок	Прием	Вид, объем партии	По документам поставщиков (контрольное взвешивание)	Каждая партия
		Зерновой состав, модуль крупности, содержание пылевидных и глинистых частиц, глины в комках, наличие органических примесей в природном песке	По ГОСТ 8735	Каждая партия
		Удельная эффективная активность естественных радионуклидов $A_{эфф}$	По документам поставщиков По ГОСТ 30108	Каждая партия Один раз в год, а также при каждой смене поставщика
	Разгрузка и транспортирование	Соблюдение правил выгрузки, недопущение засорения	Осмотр и наблюдение	Каждая партия
	Хранение	Исправность бункеров для хранения		Ежемесячно
Химические добавки	Прием	Наличие паспорта, объем партии	По документам поставщиков (контрольное взвешивание)	Каждая партия
		Плотность раствора жидкого продукта	Определение ареометром по ГОСТ 18481	Каждая партия
		Качество по показателю эффективности их действия	По ГОСТ 30459	Один раз в год, а также при каждой смене поставщика
	Разгрузка, транспортирование	Соблюдение правил выгрузки, герметичность «еврокубов»	Осмотр и наблюдение	Каждая партия
	Хранение	Герметичность емкостей для хранения, исправность насосов		Ежемесячно
Минеральные добавки	Прием	Наличие паспорта, вид, объем партии	По документам поставщиков (контрольное взвешивание при необходимости)	Каждая партия
	Разгрузка, транспортирование	Соблюдение правил выгрузки, герметичность биг-бэгов	Осмотр и наблюдение	Каждая партия
	Хранение	Исправность бункеров для хранения, исправность компрессора		Ежемесячно
Вода техническая	Подача на повторное использование	Водородный показатель pH, содержание примесей	По ГОСТ 23732	Каждая порция воды, прошедшая полный цикл очистки

ЛЕКЦИЯ 3: ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Карта операционного контроля приготовления бетонной смеси

Объект контроля	Технологическая операция	Контролируемый показатель	Метод и средства контроля	Периодичность контроля
Бетонная смесь	Приготовление	Влажность заполнителей	Автоматическая система управления	Постоянно
		Точность дозирования компонентов		
		Длительность перемешивания		
Бетоносмеситель	Контрольная проверка	Состояние бетоносмесителя, полнота выгрузки смеси	Осмотр и наблюдение	В конце каждой смены
	Мойка	Полнота очистки после мойки		
Бункер выгрузки смеси	Контрольная проверка	Состояние бункера, полнота выгрузки смеси	Осмотр и наблюдение	В начале каждой смены

ЛЕКЦИЯ 3: ВИДЫ И СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Карта приемочного контроля товарной бетонной смеси

Объект контроля	Контролируемый показатель	Метод и средства контроля	Периодичность контроля	
ПРИЕМО-СДАТОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ				
Бетонная смесь	Удобоукладываемость	По ГОСТ 10181	Первые три загрузки в смену и далее каждую 10-ю загрузку в течение 15 мин после выгрузки смеси из смесителя и у потребителя не позже чем через 20 мин после доставки смеси	
	Температура	Измерение термометром	В холодное время года каждый замес	
Контрольные образцы бетона	Прочность бетона в проектном возрасте	По ГОСТ 10180 с оценкой результатов по правилам ГОСТ 18105	Для каждой партии	
	Прочность бетона в промежуточном возрасте (при необходимости)			
	Средняя плотность	По ГОСТ 12730.1		
Правила изготовления контрольных образцов	Для определения прочности и средней плотности	По ГОСТ 10180	По ГОСТ 18105	
Условия хранения контрольных образцов	Температура	Измерение термометром	Ежедневно	
	Влажность	Измерение психрометром		
ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ				
Бетонная смесь	Сохраняемость удобоукладываемости	По ГОСТ 10181, ГОСТ 30459	При подборе состава бетонной смеси	
	Показатели расслаиваемости	По ГОСТ 10181	При подборе состава бетонной смеси	
	Объем вовлеченного воздуха	Визуально		Первые три загрузки в смену и далее каждую 10-ю загрузку
		По ГОСТ 10181		Первая загрузка в смену (при необходимости)
Контрольные образцы бетона	Морозостойкость	По ГОСТ 10060	При подборе состава бетонной смеси и далее один раз в шесть месяцев, а также при каждой смене поставщика материалов (при необходимости)	
	Водонепроницаемость	По ГОСТ 12730.5		
	Истираемость	По ГОСТ 13087		
Правила изготовления контрольных образцов	Для определения морозостойкости	По ГОСТ 10060	При подборе состава бетонной смеси и далее один раз в шесть месяцев	
	Для определения водонепроницаемости	По ГОСТ 12730.5		
	Для определения истираемости	По ГОСТ 13087		
Условия хранения контрольных образцов	Температура	Измерение термометром	Ежедневно	
	Влажность	Измерение психрометром		

ЛЕКЦИЯ 4

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНОВ

Содержание

- 1 Основные показатели качества конструкционных бетонов**
- 2 Показатели качества напрягающих бетонов**

ЛЕКЦИЯ 4: ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНОВ

Нормативная база

**ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые.
Технические условия**

ГОСТ 25820-2014 Бетоны легкие. Технические условия

ГОСТ 32803-2014 Бетоны напрягающие. Технические условия

СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 Конструкции монолитные бетонные и железобетонные. Технические требования к производству работ, правила и методы контроля

ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам

ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости

ГОСТ 12730.1-78 Бетоны. Методы определения плотности

ГОСТ 12730.4-78 Бетоны. Методы определения показателей пористости

ГОСТ 12730.5-2018 Бетоны. Методы определения водонепроницаемости

ГОСТ 13087-81 Бетоны. Методы определения истираемости

ГОСТ 24452-80 Бетоны. Методы определения призмной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона

ГОСТ 24544-81 Бетоны. Методы определения деформаций усадки и ползучести

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА БЕТОНА:

- **Прочность R , МПа** – свойство материала сопротивляться разрушению под действием напряжений, возникающих под воздействием внешних сил ;
- **Морозостойкость F** – способность материала в насыщенном водой состоянии выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без видимых признаков разрушения и без значительного понижения прочности;
- **Водонепроницаемость W** – характеристика материала, показывающая, при достижении каких значений гидростатического давления этот материал теряет способность не пропускать через себя воду;
- **Истираемость G** – способность материала изменяться в объёме и массе под действием истирающих усилий;
- **Средняя плотность (для легкого бетона) D , кг/м³;**
- **Теплопроводность (коэффициент теплопроводности) в сухом состоянии (для легкого бетона) λ_0 , Вт/(м·°С).**

ПОКАЗАТЕЛИ ДЕФОРМАТИВНОСТИ БЕТОНА:

- Модуль упругости (при повторных и ударных нагрузках, температурных воздействиях) E , МПа – способность материала упруго деформироваться (то есть не постоянно) при приложении к нему силы;**
- Коэффициент Пуассона μ – величина отношения относительного поперечного сжатия к относительному продольному растяжению ;**
- Коэффициент поперечной деформации ν ;**
- Относительная деформация ползучести при сжатии и растяжении, C , МПа⁻¹;**
- Усадка ε_y ;**
- Набухание $\varepsilon_{наб}$;**
- Предельная сжимаемость ε_r ;**
- Предельная растяжимость ε_p ;**
- Характеристика ползучести φ .**

ЛЕКЦИЯ 4: ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНОВ

Класс бетона – одно из нормируемых значений унифицированного ряда данного показателя качества бетона, принимаемое с **гарантированной обеспеченностью 0,95.**

Марка бетона – одно из нормируемых значений унифицированного ряда данного показателя качества бетона, принимаемое **по его среднему значению.**

Проектный возраст бетона назначается по нормами проектирования с учетом:

- условий твердения бетона,
- способов возведения,
- сроков фактического нагружения конструкций.

Если проектный возраст не указан, технические требования к бетону должны быть обеспечены **в возрасте 28 сут.**

Значения нормируемых показателей **прочности бетона монолитных конструкций в промежуточном возрасте** устанавливаются в технологической документации.

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА КОНСТРУКЦИОННЫХ БЕТОНОВ

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА	КЛАССЫ	
	тяжелых и мелкозернистых бетонов	легких бетонов
- ПРОЧНОСТЬ		
классы по прочности на сжатие:	B3,5; B5; B7,5; B10; B12,5; B15; B20; B22,5; B25; B27,5; B30; B35; B40; B45; B50; B55; B60; B70; B80; B90; B100; B110; B120	B0,75; B1; B1,5; B2; B2,5; B3,5; B5; B7,5; B10; B12,5; B15; B20; B22,5; B25; B30; B35; B40
классы по прочности на осевое растяжение:	B_t0,8; B_t1,2; B_t1,6; B_t2,0; B_t2,4; B_t2,8; B_t3,2; B_t3,6; B_t4,0; B_t4,4; B_t4,8	B_t0,8; B_t1,2; B_t1,6; B_t2; B_t2,4; B_t2,8; B_t3,2
классы по прочности на растяжение при изгибе:	B_{tb}1,2; B_{tb}1,6; B_{tb}2,0; B_{tb}2,4; B_{tb}2,8; B_{tb}3,2; B_{tb}3,6; B_{tb}4,0; B_{tb}4,4; B_{tb}4,8; B_{tb}5,2; B_{tb}5,6; B_{tb}6,0; B_{tb}6,4; B_{tb}6,8; B_{tb}7,2; B_{tb}7,6; B_{tb}8,0; B_{tb}8,4; B_{tb}8,8; B_{tb}9,2; B_{tb}9,6; B_{tb}10,0	B_{tb}0,4; B_{tb}0,8; B_{tb}1,2; B_{tb}1,6; B_{tb}2,0; B_{tb}2,4; B_{tb}2,8; B_{tb}3,2; B_{tb}3,6; B_{tb}4,0

ЛЕКЦИЯ 4: ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНОВ

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА	МАРКИ	
	тяжелых и мелко- зернистых бетонов	легких бетонов
- МОРОЗОСТОЙКОСТЬ		
марки по первому базовому методу: Марка по морозостойкости бетона, испытанного в водонасыщенном состоянии, кроме бетонов дорожных и аэродромных покрытий, а также бетонов, эксплуатируемых при воздействии минерализованной воды.	F₁50; F₁75; F₁100; F₁150; F₁200; F₁300; F₁400; F₁500; F₁600; F₁800; F₁1000	F₁25; F₁35; F₁50; F₁75; F₁100; F₁150; F₁200; F₁300; F₁400; F₁500
марки по второму базовому методу: Марка по морозостойкости бетона дорожных и аэродромных покрытий и бетона, эксплуатируемого при воздействии минерализованной воды, и определенная при испытании образцов, насыщенных 5%-ным водным раствором хлорида натрия.	F₂100; F₂150; F₂200; F₂300; F₂400; F₂500	-
- ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТЬ		
марки по водонепроницаемости	W2, W4, W6, W8, W10, W12, W14, W16, W18, W20	W2, W4, W6, W8, W10, W12
- ИСТИРАЕМОСТЬ		
марки по истираемости при испытании на круге истирания	G1, G2, G3	-

ЛЕКЦИЯ 4: ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНОВ

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА	МАРКИ	
	тяжелых и мелко- зернистых бетонов	легких бетонов
- СРЕДНЯЯ ПЛОТНОСТЬ В СУХОМ СОСТОЯНИИ		
марки по средней плотности теплоизоляционных бетонов	-	D200, D250, D300, D350, D400, D450
конструкционно- теплоизоляционных бетонов	-	D500, D550, D600, D700, D800, D900, D1000, D1100, D1200, D1300, D1400, D1500, D1600
конструкционных бетонов	D2000, D2100, D2200, D2300, D2400, D2500	D1100, D1200, D1300, D1400, D1500, D1600, D1700, D1800, D1900, D2000
- ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ (КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ λ_0) В СУХОМ СОСТОЯНИИ		
теплопроводность теплоизоляционных бетонов	-	не более 0,14 Вт/(м·°С)
конструкционно- теплоизоляционных бетонов	-	по проекту

НАПРЯГАЮЩИЕ БЕТОНЫ

предназначены для создания предварительного напряжения (самонапряжения) в конструкциях зданий и сооружений за счет расширения в процессе твердения для повышения трещиностойкости, водонепроницаемости и долговечности конструкций.

Напрягающий бетон – это бетон, содержащий напрягающий цемент или расширяющую добавку, обеспечивающие расширение бетона в процессе его твердения.

Напрягающий цемент НЦ – минеральное вяжущее вещество, обеспечивающее при твердении бетонов в условиях упругого ограничения деформаций регулируемое самонапряжение (ГОСТ Р 56727-2015).

Расширяющая добавка РД – минеральная добавка, применяемая для приготовления напрягающих бетонов.

Напрягающие цементы в зависимости от значения самонапряжения подразделяют на 4 типа:

- с низкой энергией самонапряжения (менее 0,7 МПа);**
- с малой энергией самонапряжения (от 0,7 до 2,0 МПа);**
- со средней энергией самонапряжения (от 2,0 до 3,0 МПа);**
- с высокой энергией самонапряжения (более 3,0 МПа).**

ЛЕКЦИЯ 4: ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНОВ

Самонапряжение и линейное расширение цемента в возрасте 28 суток:

Показатель	Значение для цемента типа			
	НЦ-5	НЦ-10	НЦ-20	НЦ-30
Самонапряжение, МПа (кгс/см ²), не менее	-	0,7 (7)	2,0 (20)	3,0 (30)
Линейное расширение, %, не более	0,3	1,0	1,5	2,0

Условное обозначение напрягающего цемента со средней энергией самонапряжения, класса прочности 42,5, нормальнотвердеющего:

Цемент напрягающий НЦ-20-42,5Н - ГОСТ Р 56727-2015.

Для изготовления напрягающего цемента в качестве расширяющихся добавок используют: глиноземистый шлак, сульфатированный клинкер и другие добавки по согласованию с потребителем.

ЛЕКЦИЯ 4: ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНОВ

ВИДЫ НАПРЯГАЮЩЕГО БЕТОНА:

- тяжелые;
- легкие.

Напрягающие бетоны в зависимости от значения контролируемого самонапряжения подразделяют на:

- **БЕТОН С НОРМИРУЕМОЙ МАРКОЙ ПО САМОНАПРЯЖЕНИЮ – БН**, изготовленный на основе напрягающего цемента;
- **БЕТОН С КОМПЕНСИРОВАННОЙ УСАДКОЙ – БК**, изготовленный на основе портландцемента и расширяющей добавки.

САМОНАПРЯЖЕНИЕ БЕТОНА – величина предварительного напряжения бетона, создаваемого в результате расширения бетона в условиях упругого ограничения деформаций.

ЛЕКЦИЯ 4: ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНОВ

Условное обозначение бетонных смесей, предназначенных для напрягающих бетонов:

Бетонная смесь для бетона с нормируемой маркой по самоупрочению $S_{p1,2}$, класса прочности на сжатие В40, марки по удобоукладываемости П4, марки по морозостойкости $F_{1,300}$, марки по водонепроницаемости W18:

БСТ БН В40 П4 $F_{1,300}$ W18 $S_{p1,2}$ ГОСТ 32803-2014.

Бетонная смесь для бетона с компенсированной усадкой, класса прочности на сжатие В35, марки по удобоукладываемости П3, марки по морозостойкости $F_{1,200}$, марки по водонепроницаемости W16:

БСТ БК В35 П3 $F_{1,200}$ W16 ГОСТ 32803-2014.

Марка напрягающего бетона по самоупрочению – среднее значение предварительного напряжения сжатия (самоупрочения) напрягающего бетона, МПа, в возрасте 28 суток, создаваемого в результате его расширения в условиях упругого ограничения деформаций, с жесткостью, соответствующей жесткости стальной арматуры при коэффициенте осевого продольного армирования $\rho_l = 0,01$ и модуле упругости $E_s = 2 \cdot 10^5$ МПа.

ЛЕКЦИЯ 4: ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНОВ

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА НАПРЯГАЮЩИХ БЕТОНОВ

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА	КЛАССЫ / МАРКИ	
	тяжелых бетонов	легких бетонов
- ПРОЧНОСТЬ		
классы по прочности на сжатие:	B20; B25; B30; B35; B40; B45; B50; B55; B60; B70; B80; B90	B10; B12,5; B15; B20; B25; B30; B35; B40
классы по прочности на осевое растяжение:	B_t0,8; B_t1,2; B_t1,6; B_t2,0; B_t2,4; B_t2,8; B_t3,2; B_t3,6; B_t4,0	B_t0,8; B_t1,2; B_t1,6; B_t2,0; B_t2,4; B_t2,8; B_t3,2
классы по прочности на растяжение при изгибе:	B_{tb}2,0; B_{tb}2,4; B_{tb}2,8; B_{tb}3,2; B_{tb}3,6; B_{tb}4,0; B_{tb}4,4; B_{tb}4,8; B_{tb}5,2; B_{tb}5,6; B_{tb}6,0; B_{tb}6,4; B_{tb}6,8	-
- СРЕДНЯЯ ПЛОТНОСТЬ		
марки по средней плотности	D2000, D2100, D2200, D2300, D2400, D2500	D1200; D1300; D1400; D1500; D1600; D1700; D1800; D1900; D2000

ЛЕКЦИЯ 4: ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА БЕТОНОВ

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА	МАРКИ	
	тяжелых бетонов	легких бетонов
- МОРОЗОСТОЙКОСТЬ		
марки по морозостойкости	F_{1,200}; F_{1,300}; F_{1,400}; F_{1,500}; F_{1,600}; F_{1,800}	F_{1,100}; F_{1,200}; F_{1,300}; F_{1,400}; F_{1,500}
- ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТЬ		
марки по водонепроницаемости	W12, W14, W16, W18, W20	W8, W10, W12, W14
- САМОНАПРЯЖЕНИЕ БЕТОНА		
марки напрягающего бетона с компенсированной усадкой	Sp0,6; Sp0,8; Sp1,0	
марки напрягающего бетона с нормируемым самоупрочением	Sp1,2; Sp1,5; Sp2,0; Sp3,0; Sp4,0	

Самоупрочение бетона S_p определяют по **трем контрольным образцам-призмам** 50x50x200 мм (при использовании щебня фр. < 10 мм) или 100x100x400 мм, отформованных и твердеющих в специальных динамометрических кондукторах, создающих в процессе расширения бетона упругое ограничение деформаций, эквивалентное продольному армированию образцов-призм, равному 1%.

$$S_p = \frac{\Delta}{l_{\text{обр}}} \mu_n E_s$$

Δ - полная деформация образца-призмы;

$l_{\text{обр}}$ - длина образца;

μ_n - приведенный коэффициент армирования образца, принимаемый равным 0,01;

E_s - модуль упругости стали, принимаемый равным $2 \cdot 10^5$ МПа.

ЛЕКЦИЯ 5

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА

Содержание

- 1 Структура бетона**
- 2 Пористость бетона**
- 3 Основной закон прочности бетона**
- 4 Контроль и оценка прочности бетона монолитных конструкций**

СТРУКТУРА БЕТОНА

Структура бетона рассматривается на трех уровнях:

- **микроструктура** (структура цементного камня – «микробетона»: кристаллический сросток – цементный гель – поры);
- **мезоструктура** (структура затвердевшего раствора: матрица (цементный камень) – контактная зона – мелкий заполнитель);
- **макроструктура**: матрица (затвердевший раствор) – контактная зона – крупный заполнитель).

Структура бетона определяется:

- составом (соотношение между компонентами);
- условиями уплотнения;
- условиями твердения (уход за бетоном);
- продолжительностью твердения;
- условиями агрессивности среды.

Структура бетона формируется длительное время в результате химических, физических и физико-химических процессов.

ЛЕКЦИЯ 5: СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА

СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ МИКРОБЕТОНА

Формирование структуры микробетона происходит в результате твердения цемента и состоит из ряда элементарных процессов: затворения, коллоидации, коагуляции, кристаллизации, высыхания и перекристаллизации.

Схема процесса структурообразования										
	Время	0	0,5	1	4	7	20ч	2	7	28сут
Схема элементов структуры	Зерна клинкера d=10-30мкм	Коагуляционная связь 	Условно-коагуляционная связь кристалл жидкость	Кристаллизационная связь 						
Процессы	Затворение	Коллоидация	Коагуляция	Кристаллизация	Высыхание					
Периоды	Формирование структуры				Упрочнение структуры					
Стадии	Подготовительная	Становление структуры		Образование каркаса		Прорастание каркаса				
	Накопление гидратных новообразований в промежуточной зоне. Начало образования коагуляционной структуры, возникновение контактов	Развитие коагуляционной структуры субмикроструктур с адсорбированными водными пленками. Проявление тиксотропии		Развитие процесса кристаллизационного структурообразования. Рост прочности, возникновение напряжений в кристаллизационной структуре		Наращивание основной прочности за счет уплотнения геля и роста кристаллов. Спады упругости и прочности при кристаллических внутренних напряжениях				

ЛЕКЦИЯ 5: СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА

ПОРИСТОСТЬ БЕТОНА

Поры – важнейший элемент структуры цементного камня и бетона, играющий большую роль при формировании физико-механических свойств бетона: прочности, морозостойкости, плотности, теплопроводности и др.

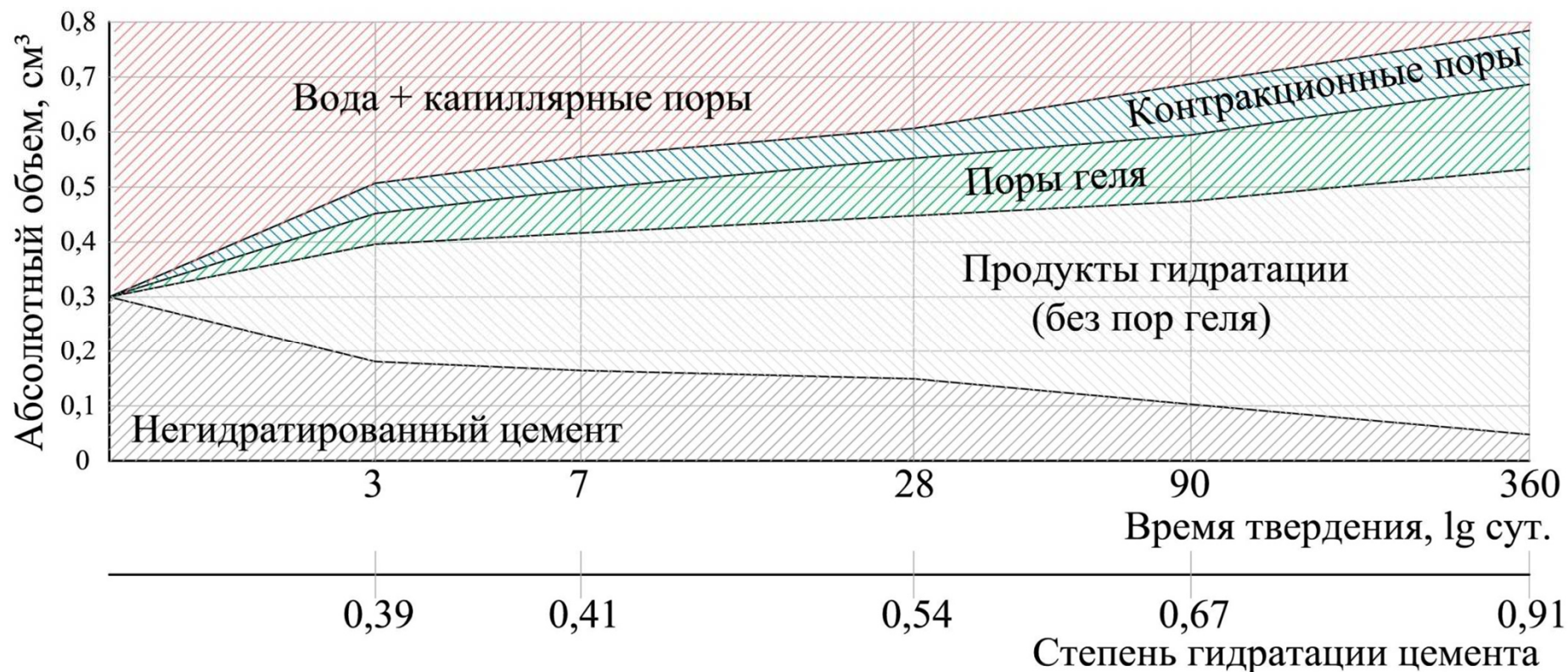
Виды пор	Время образования	Условия образования	Размер пор, мм	Размер относительный	Содержание, %	Влияние на свойства бетона
Поры цементного геля	Процесс твердения вяжущих	Испарение адсорбционно-связанной воды, находящейся в геле	$10^{-6} \dots 10^{-5}$	1	1...5	Не снижают морозостойкость
Контракционные	Твердение вяжущих	Уменьшение системы «цемент-вода» в ходе физико-химических процессов	$10^{-5} \dots 10^{-4}$	10	0,5...2	Повышение морозостойкости
Капиллярные	Твердение вяжущих	Испарение избыточной воды	$10^{-4} \dots 10^{-3}$	100	5...10	Увеличение проницаемости, понижение морозостойкости
Воздушные «условно-замкнутые»	Приготовление бетонной смеси	Воздухововлечение (воздухововлекающие и микрогазообразующие добавки)	$10^{-3} \dots 10^{-2}$	1000	4...8	Снижение средней плотности, повышение морозостойкости

ЛЕКЦИЯ 5: СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА

ПОРИСТОСТЬ БЕТОНА

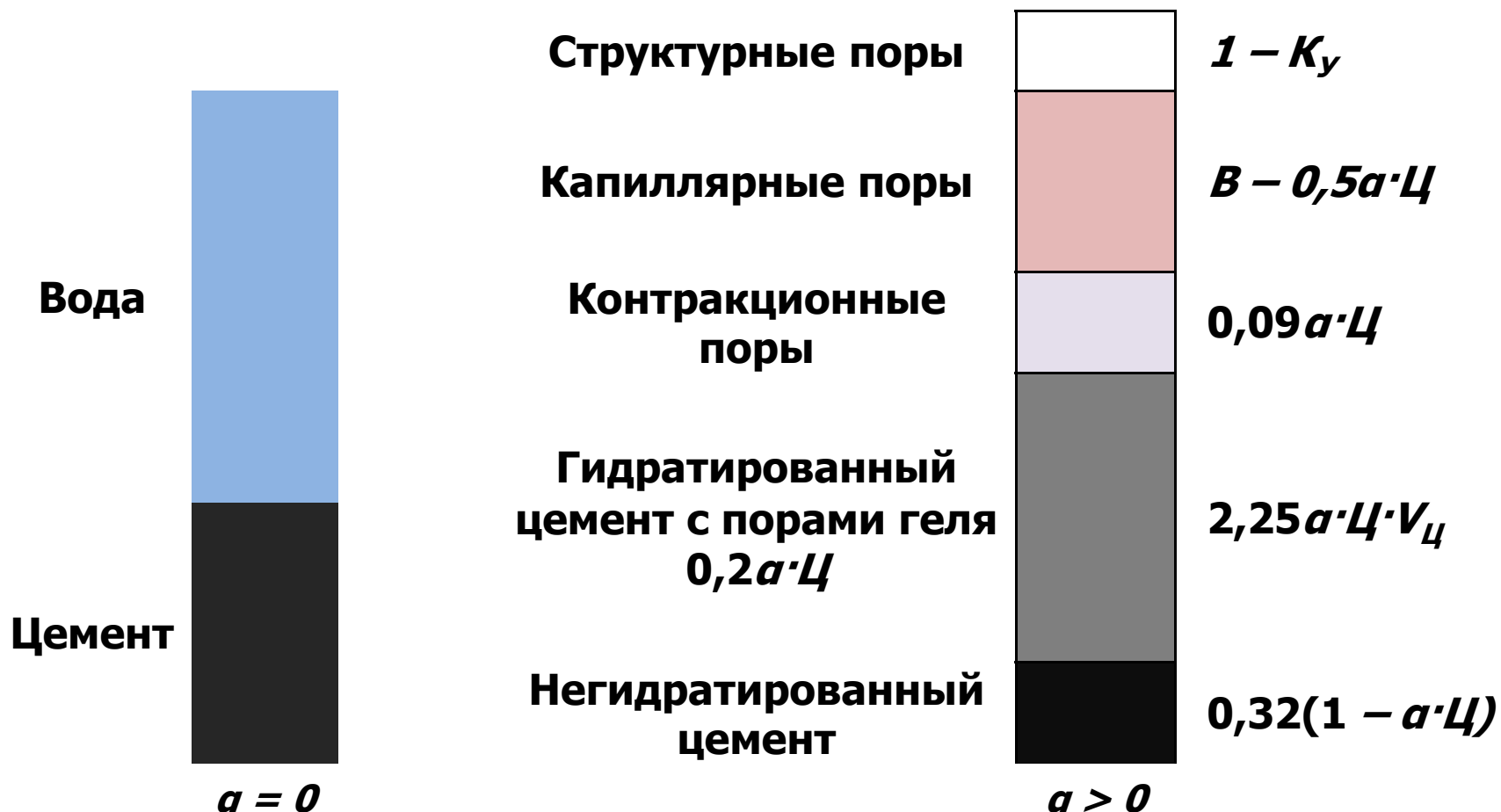
Виды пор	Время образования	Условия образования	Размер пор, мм	Размер относительный	Содержание, %	Влияние на свойства бетона
Структурные (дефектные) в тяжелом бетоне	После укладки смеси, до начала схватывания	Расслоение бетонной смеси	0,1...1	10000	До 2	Снижение прочности бетона, уменьшение сцепления с арматурой
	Бетонирование конструкций	Недостаточное уплотнение смеси, защемление воздуха	0,5...5	100000	1...3	Снижение прочности
Структурные в легком бетоне	Приготовление бетонной смеси, до начала схватывания	Применение пористых заполнителей; пенообразование; газообразование	1...5	1000000	20...50; 30...80; 10...60	Снижение средней плотности, уменьшение теплопроводности

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ В ПРОЦЕССЕ ТВЕРДЕНИЯ (В/Ц = 0,5)



ЛЕКЦИЯ 5: СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА

Изменение объемов составных частей цементного камня от степени гидратации цемента



V, C – расход воды и цемента, кг/м³;

a – степень гидратации цемента ($a = C_r/C$);

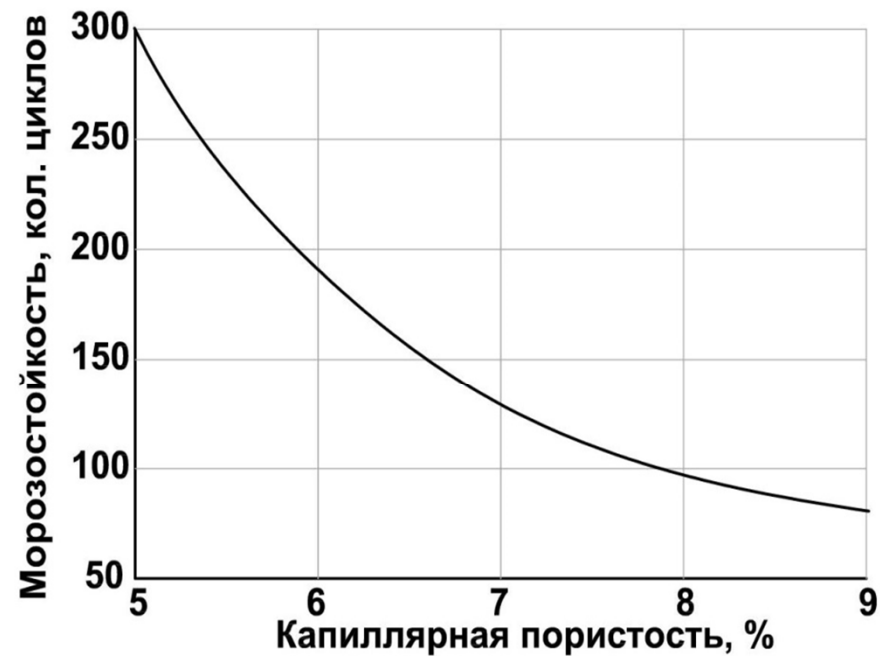
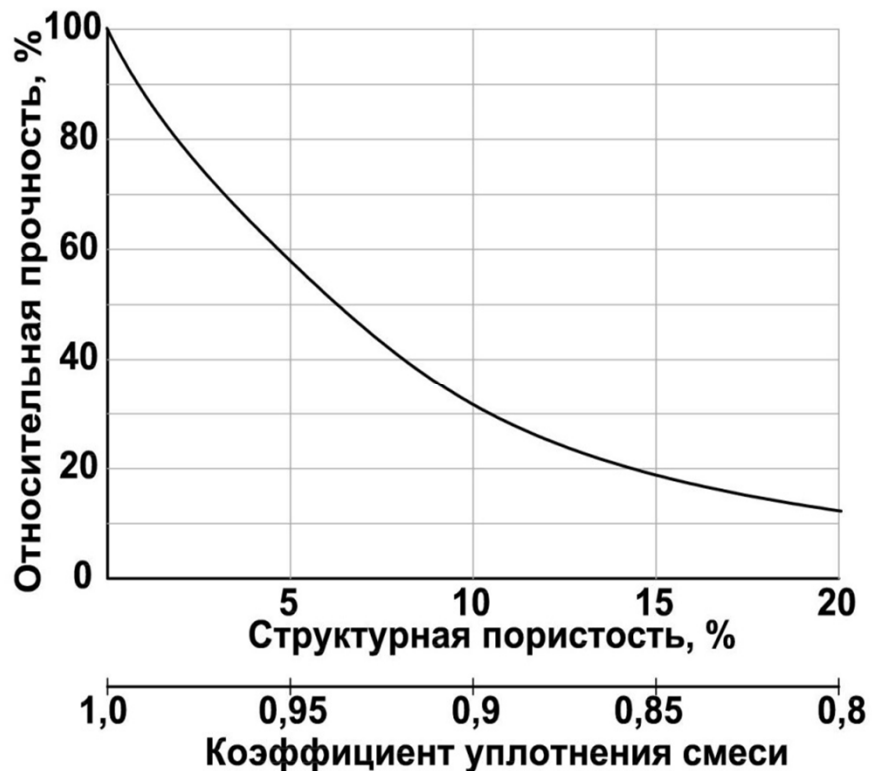
$V_{\text{ц}}$ – удельный объем цемента;

K_y – коэффициент уплотнения свежееуложенного бетона ($K_y = \rho_{\phi}/\rho_T$).

ЛЕКЦИЯ 5: СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА**Расчет пористости цементного камня и бетона**

Вид пористости	Пористость цементного камня	Пористость бетона
Поры геля Π_1	$\Pi_1 = \frac{0,2\alpha}{В/Ц + 0,32}$	$\Pi_1 = \frac{0,2\alphaЦ}{1000}$
Контракционные поры Π_2	$\Pi_2 = \frac{0,09\alpha}{В/Ц + 0,32}$	$\Pi_2 = \frac{0,09\alphaЦ}{1000}$
Капиллярные поры Π_3	$\Pi_3 = \frac{В/Ц - 0,5\alpha}{В/Ц + 0,32}$	$\Pi_3 = \frac{В - 0,5\alphaЦ}{1000}$
ОБЩАЯ ПОРИСТОСТЬ Π_0	$\Pi_0 = \frac{В/Ц - 0,21\alpha}{В/Ц + 0,32}$	$\Pi_0 = \frac{В - 0,21\alphaЦ}{1000} + (1 - K_y)$

ВЛИЯНИЕ ПОРИСТОСТИ НА ПРОЧНОСТЬ И МОРОЗОСТОЙКОСТЬ БЕТОНА



ОСНОВНОЙ ЗАКОН ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

Основным нормируемым показателем качества бетона монолитных конструкций является предел прочности на сжатие (при расчете на прочность по первой группе предельных состояний).

Предел прочности бетона на сжатие – это временное сопротивление, установленное в результате стандартных испытаний серии образцов.

Физический смысл закона прочности бетона – зависимость прочности от качества применяемых материалов и пористости бетона:

- качество заполнителя характеризуется коэффициентом A (A'),**
- качество вяжущего – прочностью на сжатие в возрасте 28 сут. – R_c ,**
- пористость косвенно определяется величиной водоцементного отношения B/C .**

Зависимость прочности от B/C является в сущности зависимостью прочности от объема пор, образованных водой, не вступающей в химическое взаимодействие с цементом.

ОСНОВНОЙ ЗАКОН ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

На практике широко используется зависимость прочности бетона от цементно-водного отношения, предложенная И. Боломеем и Б.Г. Скрамтаевым и уточненная Ю.М. Баженовым:

$$R_b = A \cdot R_{ц}(\frac{Ц}{В} - 0,5) \text{ при } \frac{Ц}{В} < 2,5 \text{ (} \frac{В}{Ц} > 0,4 \text{);}$$

$$R_b = A' \cdot R_{ц}(\frac{Ц}{В} + 0,5) \text{ при } \frac{Ц}{В} > 2,5 \text{ (} \frac{В}{Ц} < 0,4 \text{).}$$

A – коэффициент, учитывающий качество заполнителя при $\frac{Ц}{В} < 2,5$:

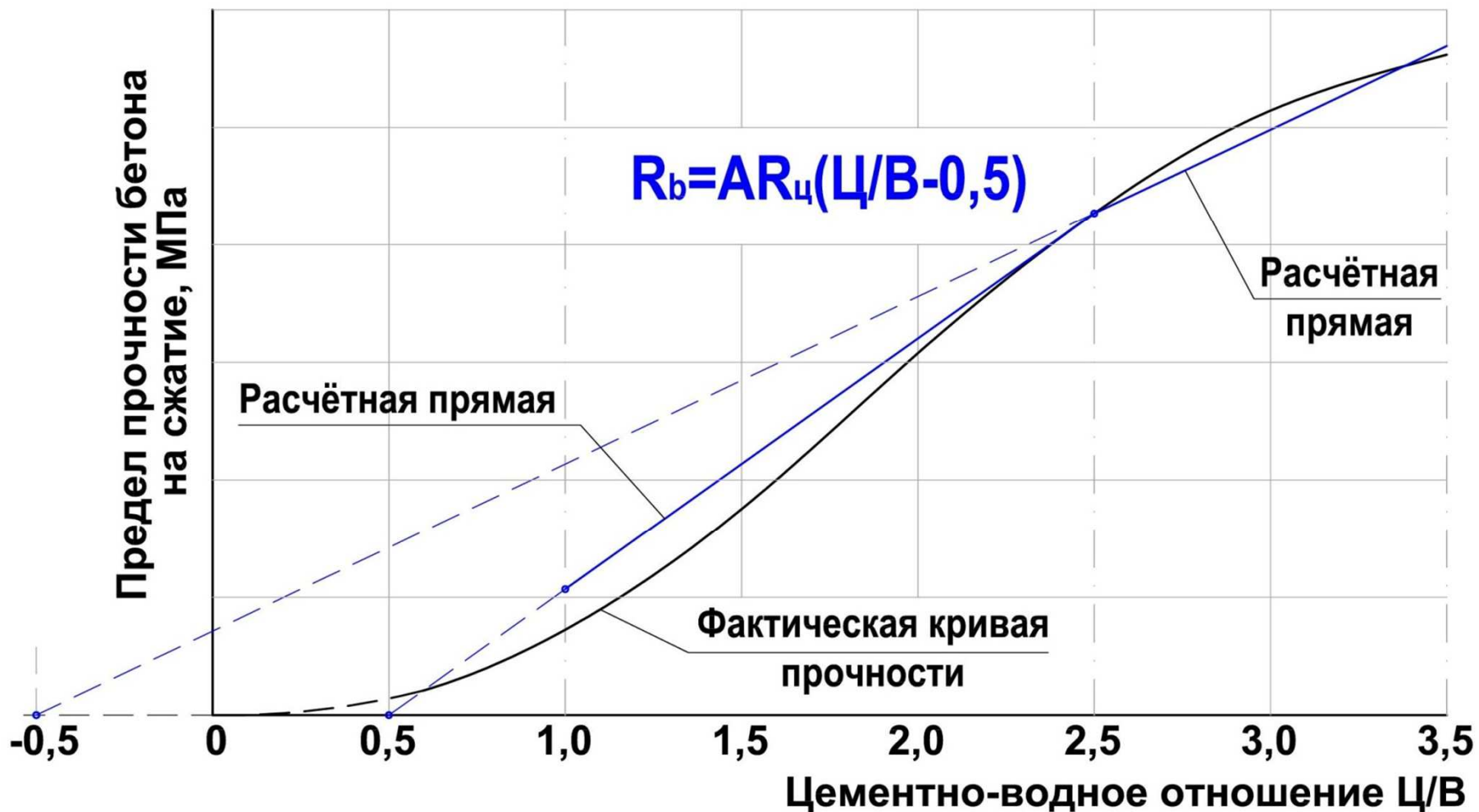
- 0,65 – для заполнителей высокого качества;**
- 0,6 – для заполнителей рядового качества;**
- 0,55 – для заполнителей низкого качества.**

A' – коэффициент, учитывающий качество заполнителя при $\frac{Ц}{В} > 2,5$:

- 0,43 – для заполнителей высокого качества;**
- 0,4 – для заполнителей рядового качества;**
- 0,37 – для заполнителей низкого качества.**

ОСНОВНОЙ ЗАКОН ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

$$R_b = A'R_c(\frac{C}{B} + 0,5)$$



ЛЕКЦИЯ 5: СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА

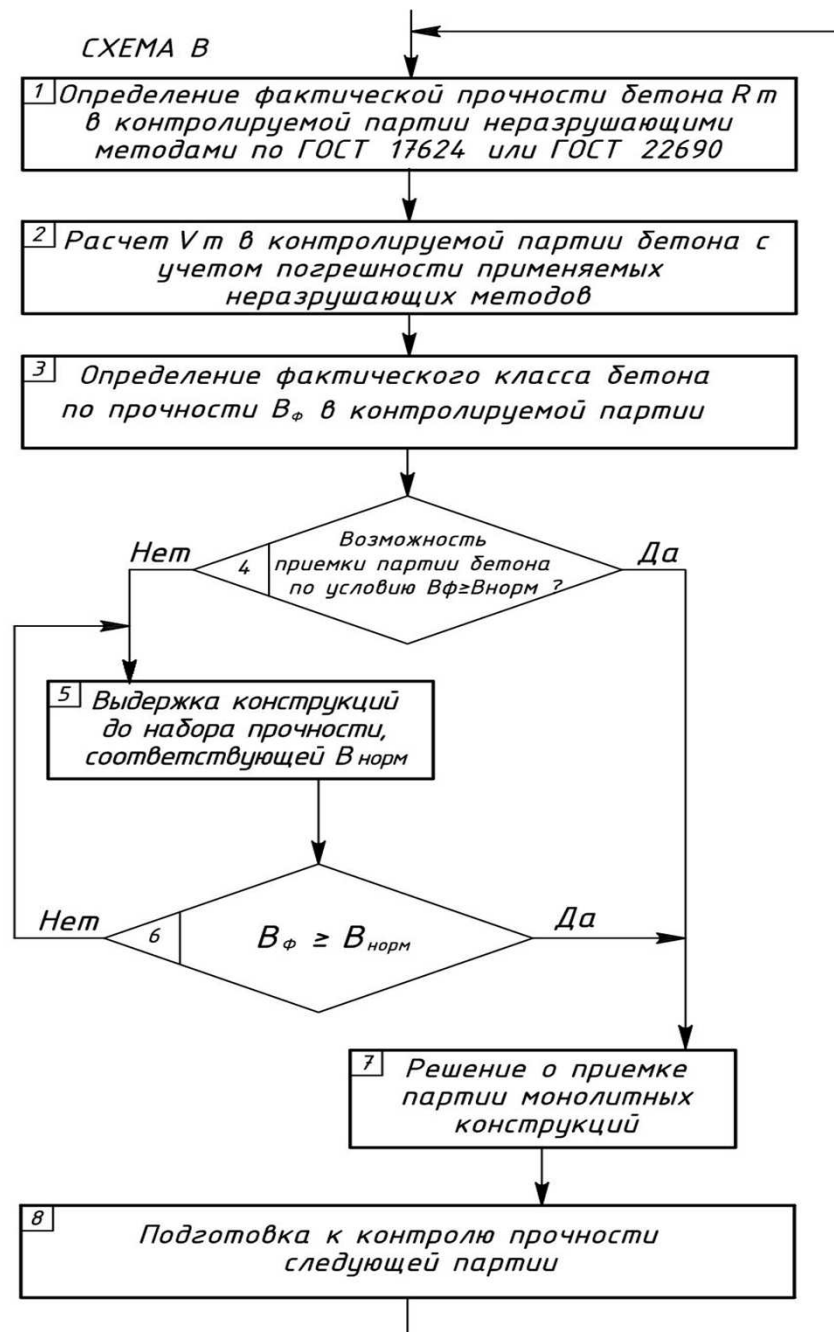


Схема организации контроля и оценки прочности бетона монолитных конструкций

ЛЕКЦИЯ 5: СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА

**КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ БЕТОНА
МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

ГОСТ 18105-2018 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности

ГОСТ 17624-87 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности

ГОСТ 22690-88 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля

Схема В:

1 этап - выбор участков измерений и определение фактической прочности бетона R_m контролируемой партии монолитных конструкций неразрушающими методами по ГОСТ 17624 или ГОСТ 22690:

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}, \text{ МПа}$$

где R_i – единичное значение прочности бетона, МПа;

n – общее число единичных значений прочности бетона в партии.

ЛЕКЦИЯ 5: СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА

2 этап - определение текущего коэффициента вариации прочности бетона V_m контролируемой партии монолитных конструкций с учетом погрешности применяемых неразрушающих методов при определении прочности:

$$V_m = \frac{S_m}{R_m} 100, \%$$

где S_m – среднеквадратическое отклонение прочности бетона в партии, определяемое по ГОСТ 18105-2018.

3 этап - определение фактического класса бетона по прочности B_ϕ контролируемой партии монолитных конструкций:

$$B_\phi = \frac{R_m}{K_T},$$

K_T – коэффициент требуемой прочности, принимаемый по ГОСТ 18105-2018.

ЛЕКЦИЯ 5: СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ И ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА

4 этап - оценка фактического класса бетона по прочности в контролируемой партии и разрешение на приемку партии монолитных конструкций при выполнении требования: $V_{\phi} \geq V_{норм}$

$V_{норм}$ – проектный класс прочности бетона, МПа.

Партия монолитных конструкций - часть монолитной конструкции, одна или несколько монолитных конструкций, изготовленных за определенное время.

Фактическая прочность бетона - среднее значение прочности бетона конструкций, рассчитанное по результатам ее определения в контролируемой партии.

Фактический класс бетона по прочности - значение класса бетона по прочности монолитных конструкций, рассчитанное по результатам определения фактической прочности бетона и ее однородности в контролируемой партии.

ЛЕКЦИЯ 6

ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА

Содержание

- 1 Деформации бетона**
- 2 Модуль упругости бетона**
- 3 Ползучесть бетона**
- 4 Основные положения по проектированию состава бетона**

ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА

Деформация – изменение взаимного расположения точек тела под воздействием внутренних процессов и внешних факторов.

Деформации бетона – разнообразные, относительно малые и разнозначные изменения размеров элементов структуры, происходящие под воздействием физико-химических процессов твердения и взаимодействия материала с окружающей средой.

Деформации бетона развиваются во времени:

- на стадии формообразования – усадочные деформации свежеуложенного бетона;**
- на начальной стадии структурообразования (до достижения проектного возраста) – усадочные деформации твердеющего бетона;**
- на стадии эксплуатации (после достижения проектного возраста) – деформации влажностного типа, температурные и механические деформации.**

ЛЕКЦИЯ 6: ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА**ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА**

Описание процесса	Усадка свежееуложенного бетона (пластическая усадка)	Контракционная усадка	Карбонизационная усадка
Природа сил, определяющих процесс	Гравитационные	Атомно-молекулярные силы гидратации	Молекулярные силы взаимодействия углекислого газа с гидроксидом кальция: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
Время протекания процесса	До момента начала кристаллизации	Всё время при наличии достаточного увлажнения	Всё время при концентрации углекислого газа в атмосфере выше 0,04 %
Вероятный механизм процесса	Седиментация и распад взвеси	Разрыхление твердой фазы и сжатие общего объема продуктов новообразований с уплотнением воды при физико-химическом связывании	Сжатие объема продуктов новообразований. Разложение гидросиликатов кальция C-S-H
Основное выражение процесса	Наружное и внутреннее отслаивание воды и цементного клея	Уменьшение размеров системы. Образование внутренних пустот (контракционных пор)	Уменьшение размеров системы
Обратимость	Необратимы	Необратимы	Частично обратимы

ЛЕКЦИЯ 6: ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА

ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА

Описание процесса	Усадка и набухание влажностного типа	Температурные деформации	Механические деформации
Природа сил, определяющих процесс	Поверхностно-молекулярные, капиллярные	Тепловое движение атомов или ионов	Внешние механические
Время протекания процесса	Начальная усадка – на стадии становления структуры, основная – при изменении влажности	В периоды изменения температуры	В зависимости от момента приложения внешнего воздействия
Вероятный механизм процесса	Сближение частиц водными менисками при высушивании. Расклинивание частиц тонкими водными прослойками при увлажнении	Увеличение или уменьшение беспорядочного движения атомов или ионов	Упругая и пластические деформации. Возникновение и увеличение микротрещин
Основное выражение процесса	Образование капиллярных пор. Изменение объема. Образование и закрытие внутренних и наружных трещин	Изменение объема. Образование и закрытие внутренних и наружных трещин	Изменение размеров. Образование микротрещин
Обратимость	В основном обратимы	В основном полностью обратимы	Частично обратимы

МОДУЛЬ УПРУГОСТИ БЕТОНА

Модуль упругости – коэффициент пропорциональности между величиной напряжения и соответствующей этому напряжению величиной упругой деформации.

ГОСТ 24452-80 Бетоны. Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона

Призмочную прочность, модуль упругости и коэффициент Пуассона определяют на образцах-призмах квадратного сечения или цилиндрах круглого сечения с отношением высоты к ширине (диаметру), равным 4. Ширина (диаметр) образцов - 70, 100, 150, 200, 300 мм. Базовый образец - 150x150x600 мм.

Призмочную прочность $R_{пр}$

вычисляют для каждого образца по формуле:

$$R_{пр} = \frac{P_p}{F}$$

где P_p - разрушающая нагрузка, измеренная по шкале силоизмерителя пресса;

F - среднее значение площади поперечного сечения образца-призмы.

Модуль упругости E_σ

вычисляют для каждого образца при уровне нагрузки, составляющей 30 % от разрушающей:

$$E_\sigma = \frac{\sigma_1}{\varepsilon_{1y}}$$

где $\sigma_1 = \frac{P_1}{F}$ - приращение напряжения от условного нуля до уровня внешней нагрузки, равной 30 % от разрушающей (здесь: P_1 - соответствующее приращение внешней нагрузки);

ε_{1y} - приращение упругомгновенной относительной продольной деформации образца, соответствующее уровню нагрузки $P_1 = 0,3P_p$ и измеренное в начале каждой ступени её приложения.

Коэффициент Пуассона бетона μ

вычисляют для каждого образца при уровне нагрузки, составляющей 30 % разрушающей:

$$\mu = \frac{\varepsilon_{2y}}{\varepsilon_{1y}}$$

ε_{2y} - приращение упругомгновенной относительной поперечной деформации образца, соответствующее уровню нагрузки $P_1 = 0,3P_p$ и измеренное в начале каждой ступени её приложения.

$$\varepsilon_{1y} = \varepsilon_1 - \Sigma\varepsilon_{1п}$$

$$\varepsilon_{2y} = \varepsilon_2 - \Sigma\varepsilon_{2п}$$

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – приращения полных относительных продольных и поперечных деформаций образца, соответствующие уровню нагрузки $P_1 = 0,3P_p$ и замеренные в конце ступени её приложения.

ЛЕКЦИЯ 6: ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА

$\Sigma \varepsilon_{1п}, \Sigma \varepsilon_{2п}$ – приращения относительных продольных и поперечных деформаций быстронатекающей ползучести, полученные при выдержках нагрузки на ступенях нагружения до уровня нагрузки $P_1 = 0,3P_p$.

Значения относительных деформаций ε_1 и ε_2 :

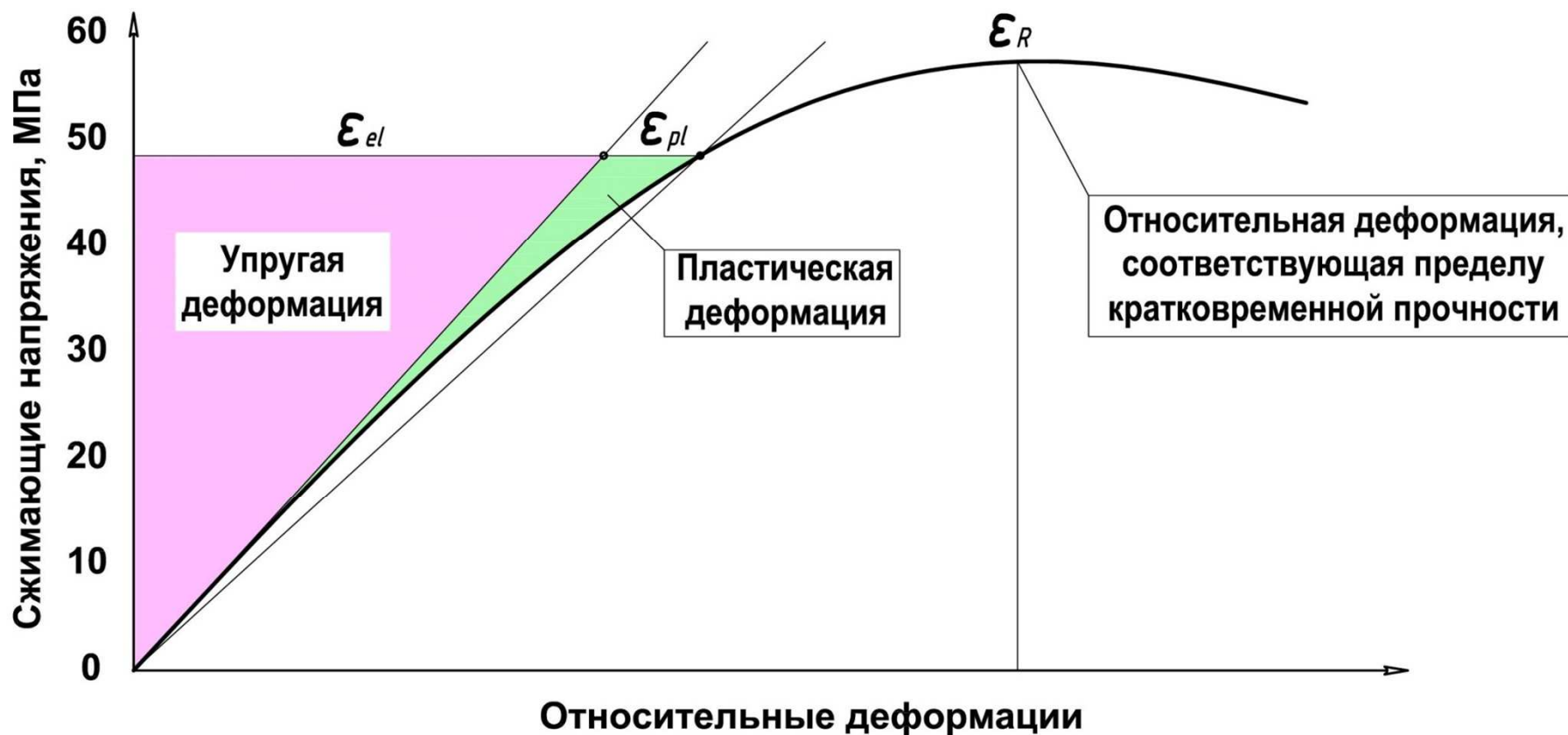
$$\varepsilon_1 = \Delta l_1 / l_1$$
$$\varepsilon_2 = \Delta l_2 / l_2$$

где $\Delta l_1, \Delta l_2$ – абсолютные приращения продольной и поперечной деформаций образца, вызванные соответствующим приращением напряжений;

l_1, l_2 – фиксированные базы измерения продольной и поперечной деформации образца.

МОДУЛЬ УПРУГОСТИ БЕТОНА

**Зависимость «НАПРЯЖЕНИЯ-ДЕФОРМАЦИИ» бетона
при центральном осевом сжатии**



ПОЛЗУЧЕСТЬ БЕТОНА

ГОСТ 24544-81 Бетоны. Методы определения деформации усадки и ползучести.

Ползучесть бетона – это его способность с течением времени к увеличению неупругих деформаций даже при постоянной величине приложенного напряжения.

Бетон, являясь упругопластичным материалом, при «мгновенном» нагружении подчиняется обобщенному закону Гука, а при длительном действии нагрузки проявляет реологические свойства – способность к неупругим, частично обратимым при разгрузке, деформациям ползучести.

ЛЕКЦИЯ 6: ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА

Деформации ползучести определяют одновременно с определением деформаций усадки, при этом перед испытаниями определяют прочность бетона на сжатие и призмную прочность.

Деформации усадки и ползучести проводятся на образцах-призмах размерами 70x70x280, 100x100x400, 150x150x600, 200x200x800 мм. Размеры базового образца-призмы: 150x150x600 мм.

Относительные деформации ползучести каждого образца $\varepsilon_{1n}(t)$ вычисляют:

$$\varepsilon_{1n}(t) = \varepsilon_1 - \varepsilon_{1y} + \varepsilon_1(t) - \varepsilon_{yc}(t)$$

$\varepsilon_1, \varepsilon_{1y}$ – средние значения полных и упругих деформаций, определяемых при ступенчатом нагружении;

$\varepsilon_1(t)$ – среднее значение относительной деформации нагруженного образца;

$\varepsilon_{yc}(t)$ – среднее значение относительной деформации усадки незагруженных образцов.

ЛЕКЦИЯ 6: ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА

При простом статическом нагружении различают ползучесть

- линейную затухающую, при которой предельная величина деформаций ползучести пропорциональна величине действующего напряжения;

- нелинейную затухающую, при которой предельная величина деформаций ползучести не пропорциональна величине действующего напряжения.

Количественно линейная ползучесть бетона характеризуется мерой ползучести C_0 и коэффициентом (характеристикой) ползучести φ .

Мера ползучести – это величина, численно равная величине деформации ползучести ε_{cr} соответствующей 1 МПа приложенного напряжения σ_0 :

$$C_0 = \frac{\varepsilon_{cr}}{\sigma_0}$$

Характеристика ползучести – это величина, численно равная отношению величины деформации ползучести ε_{cr} к величине упругомгновенной деформации ε_{el} при том же значении напряжения :

$$\varphi = \frac{\varepsilon_{cr}}{\varepsilon_{el}}$$

Соотношение между мерой и характеристикой ползучести:

$$\varphi = C_o \cdot E_o$$

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СОСТАВА БЕТОНА

ГОСТ 27006-2019 Бетоны. Правила подбора состава

**Подбор состава бетона общестроительного назначения
(конструкционного) на цементном вяжущем
выполняется поэтапно.**

**1 этап. Определение водопотребности для получения
смеси требуемой удобоукладываемости:**

$$B = B_0 + \sum_i^n \Delta B_i$$

ЛЕКЦИЯ 6: ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА

Ориентировочный расход воды на 1 м³ бетонной смеси на плотных заполнителях при температуре смеси 20 °С

Марка смеси	Показатели		Расход воды, л/м ³ , при крупности заполнителя, мм							
	Жесткость, с	Подвижность, см	гравия				щебня			
			10	20	40	70	10	20	40	70
Ж4	31 и >	-	150	135	125	120	160	150	135	130
Ж3	21...30	-	160	145	130	125	170	160	145	140
Ж2	11...20	-	165	150	135	130	175	165	155	150
Ж1	5...10	-	175	160	145	140	185	175	160	155
П1	1...4	4 и <	190	175	160	155	200	190	175	170
П2	-	5...9	200	185	170	165	210	200	185	180
П3	-	10...15	215	205	190	180	225	215	200	190
П4	-	16 и >	225	220	205	195	235	230	215	205

Примечания. 1. Данные для смесей на портландцементе с нормальной плотностью цементного теста 26...28 % и песке с модулем крупности $M_k = 2,0$.

2. При изменении нормальной плотности теста на каждый процент в меньшую сторону расход воды следует уменьшать на 3...5 л/м³, а в большую – увеличивать на то же значение.

3. При изменении модуля крупности песка в меньшую сторону на каждые 0,5 его значения необходимо увеличивать, а в большую сторону – уменьшать расход воды на 3...5 л/м³.

ЛЕКЦИЯ 6: ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА

2 этап. Определение цементно-водного отношения и расхода цемента для обеспечения требуемой прочности бетона:

$$\frac{Ц}{В} = \frac{R_T}{AR_{Ц}} + 0,5 \quad \text{при } Ц/В < 2,5;$$

$$\frac{Ц}{В} = \frac{R_T}{A'R_{Ц}} - 0,5 \quad \text{при } Ц/В > 2,5.$$

$$R_T = K_T \cdot B_{\text{норм}}$$

$$Ц = В \cdot (Ц/В)$$

ЛЕКЦИЯ 6: ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА

3 этап. Определение расхода заполнителей для обеспечения плотности и слитности бетона (по методу абсолютных объёмов):

1-ое условие: $1000 = \frac{Ц}{\rho_{Ц}} + В + \frac{П}{\rho_{П}} + \frac{Щ}{\rho_{Щ}}$

2-ое условие: $\frac{Щ \cdot V_{ПЩ} \cdot \alpha}{\rho_{НЩ}} = \frac{Ц}{\rho_{Ц}} + В + \frac{П}{\rho_{П}}$

Решая совместно два уравнения, можно определить Щ и П:

$$Щ = \frac{1000}{\frac{\alpha V_{ПЩ}}{\rho_{НЩ}} + \frac{1}{\rho_{Щ}}}, \quad П = \left(1000 - \frac{Ц}{\rho_{Ц}} - В - \frac{Щ}{\rho_{Щ}}\right) \rho_{П}$$

ЛЕКЦИЯ 6: ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА

ТРЕБОВАНИЯ ГОСТ 31384 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии к бетонам в зависимости от классов сред эксплуатации

Требования к бетонам	Классы сред эксплуатации																	
	Неагрессивная	Карбонизация				Хлоридная коррозия						Замораживание-оттаивание				Химическая коррозия		
						Морская вода			Прочие хлоридные воздействия									
	Индексы сред эксплуатации																	
ХО	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	
Максимальное 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
Минимальный класс по прочности на сжатие В	15	25	30	35	35	30	35	45	35	45	45	20	35	35	35	35	35	45
Минимальный расход цемента Ц, кг/м ³	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
Минимальное воздухововлечение ВВ, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0	4,0	4,0	-	-	-
Прочие требования	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Заполнитель с необходимой морозостойкостью				Сульфатостойкий цемент		

ЛЕКЦИЯ 6: ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА

РАСЧЕТ СОСТАВА БЕТОНА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Бетон для дорожных и аэродромных покрытий

Цементно-водное отношение определяется в зависимости от требуемого класса бетона по прочности на растяжение при изгибе по одной из формул:

$$\frac{Ц}{В} = \frac{R_T^{РИ}}{A' R_{Ц}^{И}} + 0,2$$

$$\frac{Ц}{В} = \frac{R_T^{РИ}}{0,39 R_{Ц}^{И} (1 - 0,025 V_B)} + 0,1$$

$$R_T^{РИ} = K_T \cdot B_{tb \text{ норм}}$$

V_B - объем вовлеченного воздуха, %.

Из двух значений Ц/В для расчетов принимают наибольшее.

ЛЕКЦИЯ 6: ДЕФОРМАЦИИ БЕТОНА. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА

РАСЧЕТ СОСТАВА БЕТОНА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Напрягающий бетон

Расчет состава производится из условия обеспечения марки по самоупрежнению и класса бетона по прочности на сжатие.

Расход цемента принимается по максимальному значению при расчете по двум формулам:

$$Ц = 550 \left(\frac{S_P^B}{S_P^Ц} \right)^2 + 450$$

$$Ц = \left(\frac{R_T}{AR_{Ц}} + 0,5 \right) B$$

$$R_T = K_T \cdot B_{норм}$$

S_P^B – требуемая марка бетона по самоупрежнению, кгс/см²;

$S_P^Ц$ – величина самоупрежнения цемента, кгс/см².

ЛЕКЦИЯ 7

ТЕХНОЛОГИЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Содержание

- 1 Опалубочные работы**
- 2 Смазка для опалубки**
- 3 Арматурные работы**

Нормативная база

СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.

СП 52-103-2007 Железобетонные монолитные конструкции зданий.

СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87.

СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 Конструкции монолитные бетонные и железобетонные. Технические требования к производству работ, правила и методы контроля.

ГОСТ 34329-2017 Опалубка. Общие технические условия.

ГОСТ Р 52086-2003 Опалубка. Термины и определения.

ТРЕБОВАНИЯ ПО БЕЗОПАСНОСТИ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Для удовлетворения требованиям по безопасности монолитные конструкции должны иметь такие характеристики, чтобы с надлежащей степенью надежности при различных расчетных воздействиях в процессе строительства и эксплуатации зданий и сооружений были исключены разрушения любого характера или нарушения эксплуатационной пригодности, связанные с причинением вреда жизни или здоровью граждан, имуществу и окружающей среде.

Безопасность, эксплуатационная пригодность, долговечность конструкций и другие требования, устанавливаемые заданием на проектирование, должны быть обеспечены выполнением:

- требований к бетону и его составляющим;
- требований к арматуре;
- требований к расчетам конструкций;
- конструктивных требований;
- технологических требований;
- требований по эксплуатации.

ОПАЛУБОЧНЫЕ РАБОТЫ

Опалубочные работы включают:

- изготовление опалубки,**
- установку опалубки,**
- распалубливание.**

Выбор типа и расчет комплекта опалубки выполняется при разработке проекта производства работ (ППР).

Тип опалубки выбирается с учетом вида монолитной конструкций и условий производства работ.

Расчет комплекта опалубки производится с учетом:

- принятой организационно-технологической схемы производства работ,**
- темпа бетонирования,**
- сроков достижения распалубочной прочности бетона.**

ТИПЫ ОПАЛУБКИ ПО ВИДУ БЕТОНИРУЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ:

- **опалубка для бетонирования вертикальных и наклонно-вертикальных конструкций различных конфигураций,**
- **опалубка для бетонирования горизонтальных и горизонтально-наклонных конструкций,**
- **опалубка для бетонирования куполов (сфер, оболочек, сводов),**
- **опалубка для бетонирования пролетных строений мостов, эстакад и других подобных сооружений.**

ТИПЫ ОПАЛУБКИ ПО ЕЁ КОНСТРУКЦИИ:

- **мелкощитовая опалубка** (массой до 50 кг, допускающая монтаж опалубки вручную);
- **крупнощитовая опалубка** (массой более 50 кг);
- **блочная опалубка** (состоящая из пространственных блоков):
 - **опалубка внешнего контура** (блок-форма) для бетонирования замкнутых и отдельно стоящих конструкций типа колонн, ступенчатых фундаментов, ростверков и др.,
 - **опалубка внутреннего контура** для бетонирования внутренней поверхности замкнутых ячеек (например, квартир, комнат, лифтовых шахт),
 - опалубка внутреннего (внешнего) контура **разъемная или неразъемная;**

ТИПЫ ОПАЛУБКИ ПО ЕЁ КОНСТРУКЦИИ:

- **объемно-переставная опалубка**, состоящая из секций П-образной формы или Г-образных полусекций, которые при установке в рабочее положение позволяют одновременно бетонировать стены и перекрытия;
- **скользящая опалубка**, перемещаемая вертикально домкратами по мере бетонирования конструкции и состоящая из щитов, домкратных рам, домкратных стержней, подъемных механизмов (домкратов, насосных или других подъемных станций) и технологических элементов (рабочий пол, подмости);
- **горизонтально-перемещаемая опалубка**, перемещаемая горизонтально по мере бетонирования конструкции, и состоящая из щитов, несущих, поддерживающих, соединительных элементов и механизмов для перемещения;

ТИПЫ ОПАЛУБКИ ПО ЕЁ КОНСТРУКЦИИ:

- **подъемно-переставная опалубка**, состоящая из щитов, отделяемых от бетонированной поверхности при подъеме, а также поддерживающих, крепежных, технологических элементов и приспособлений для подъема;
- **пневматическая опалубка**, состоящая из формообразующей гибкой воздухоопорной оболочки или пневматических поддерживающих элементов с формообразующей оболочкой, поддерживаемых в рабочем положении избыточным давлением воздуха;
- **несъемная опалубка**, состоящая из щитов (панелей, блоков, пластин), остающихся после бетонирования в конструкции, и инвентарных поддерживающих элементов.

ТИПЫ ОПАЛУБКИ ПО МАТЕРИАЛАМ ПРЕОБЛАДАЮЩИХ НЕСУЩИХ И ФОРМООБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ:

- **стальная;**
- **алюминиевая;**
- **пластиковая;**
- **деревянная;**
- **комбинированная.**

ТИПЫ ОПАЛУБКИ ПО ОБОРАЧИВАЕМОСТИ:

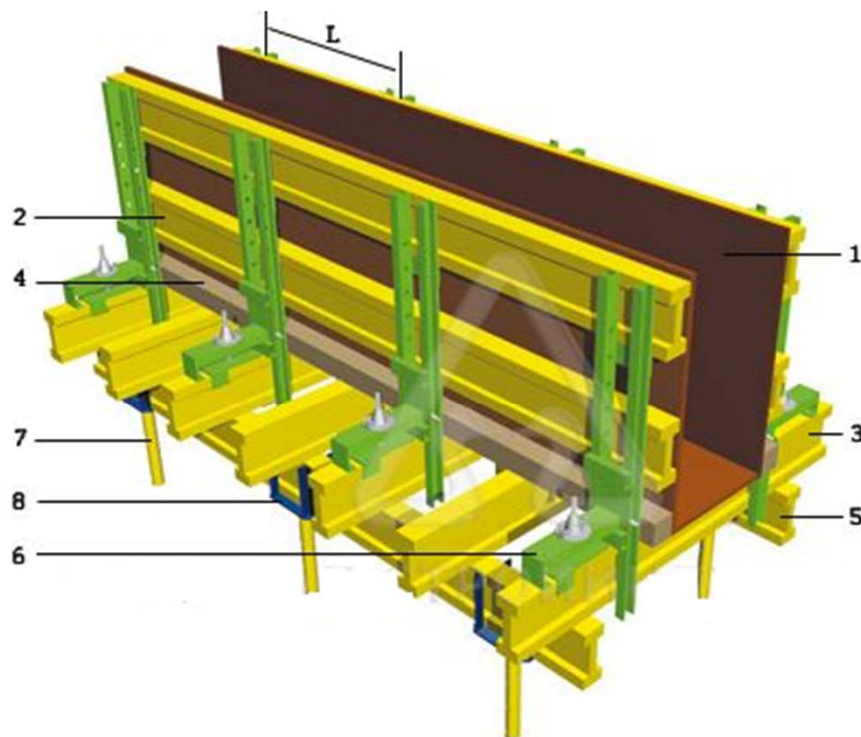
- **опалубка разового применения**, применение которой осуществляется один раз, например несъемная, или для уникальных, неповторяемых конструкций;
- **инвентарная опалубка** – для многократного применения.

ТИПЫ ОПАЛУБКИ по применяемости при различной температуре наружного воздуха и характеру воздействия опалубки на бетон:

- **неутепленная опалубка**, предназначенная для бетонирования при положительных температурах наружного воздуха;
- **утепленная опалубка**, предназначенная для предохранения бетона от замерзания и охлаждения в зимних условиях, от перегрева в условиях жаркого климата;
- **греющая опалубка**, предназначенная для бетонирования конструкций в условиях низких температур окружающего воздуха (от +5 °С), а также для ускорения твердения бетона как в летних, так и в зимних условиях;
- **специальная опалубка**, применяемая для придания бетону или поверхности бетона специальных свойств, в том числе создание рельефа, поверхности с повышенной плотностью, а также с переменным термическим сопротивлением и др.

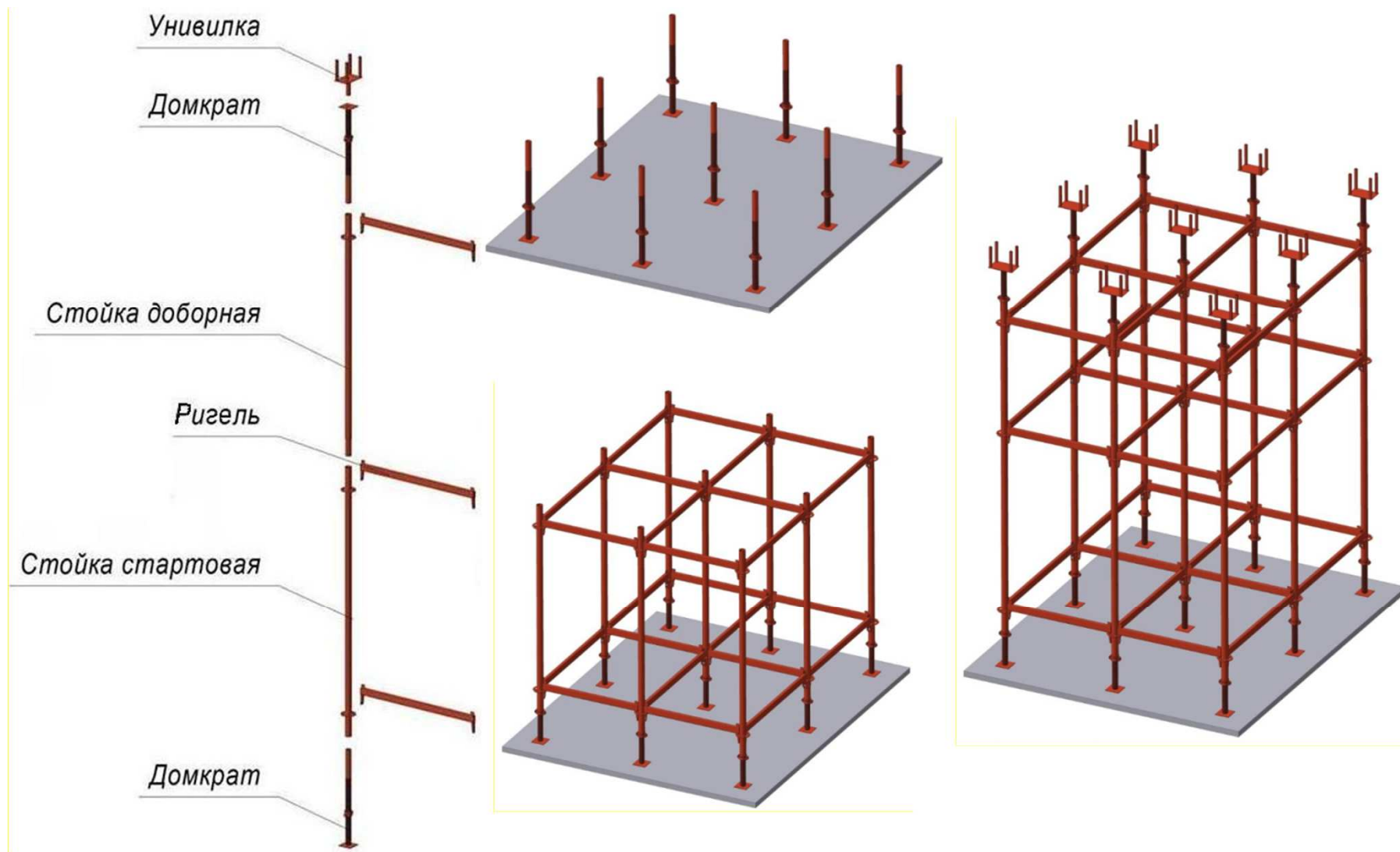
ТИПЫ ОПАЛУБКИ

Опалубка балок и ригелей



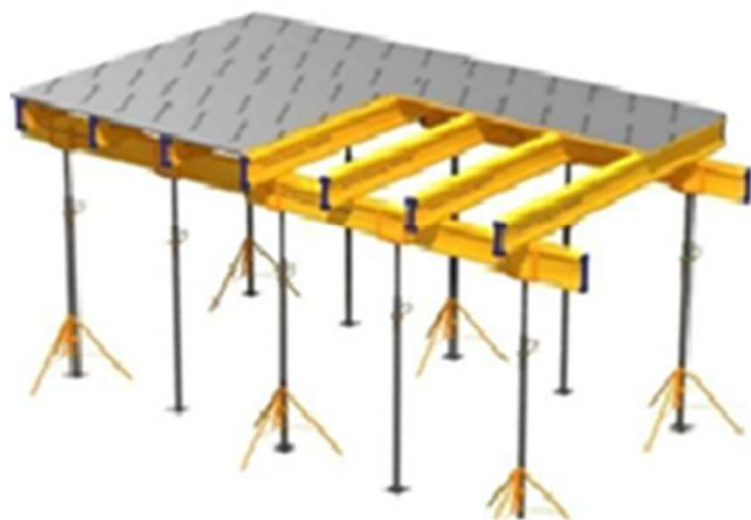
- 1 - палуба (фанера ламинированная);**
- 2 - балка продольная;**
- 3 - поперечная опорная балка;**
- 4 - брус деревянный;**
- 5 - продольная опорная балка;**
- 6 - кронштейн опалубки ригеля;**
- 7 - стойка опорная телескопическая;**
- 8 - вилка универсальная**

Схема сборки элементов опалубки перекрытия

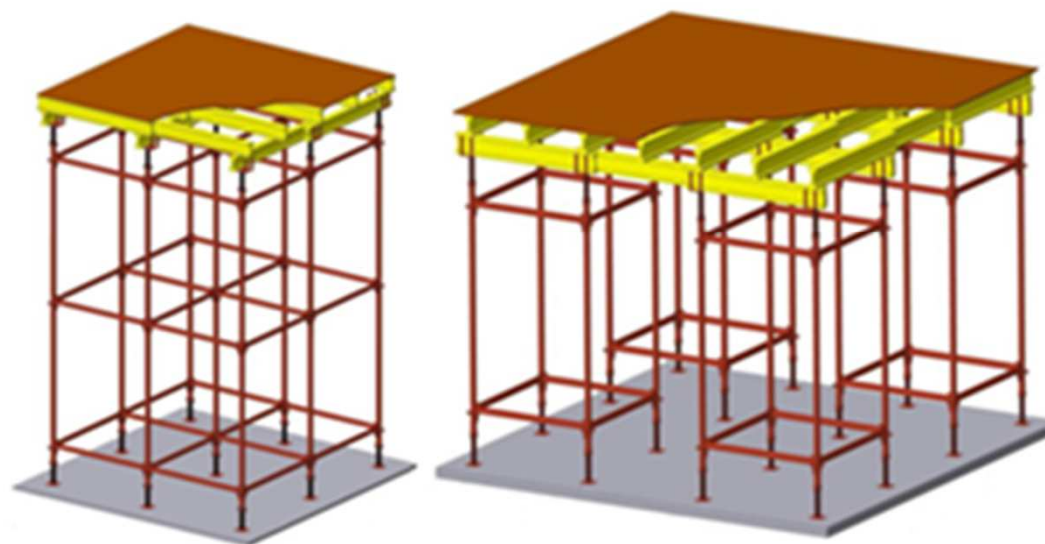


Опалубка перекрытий

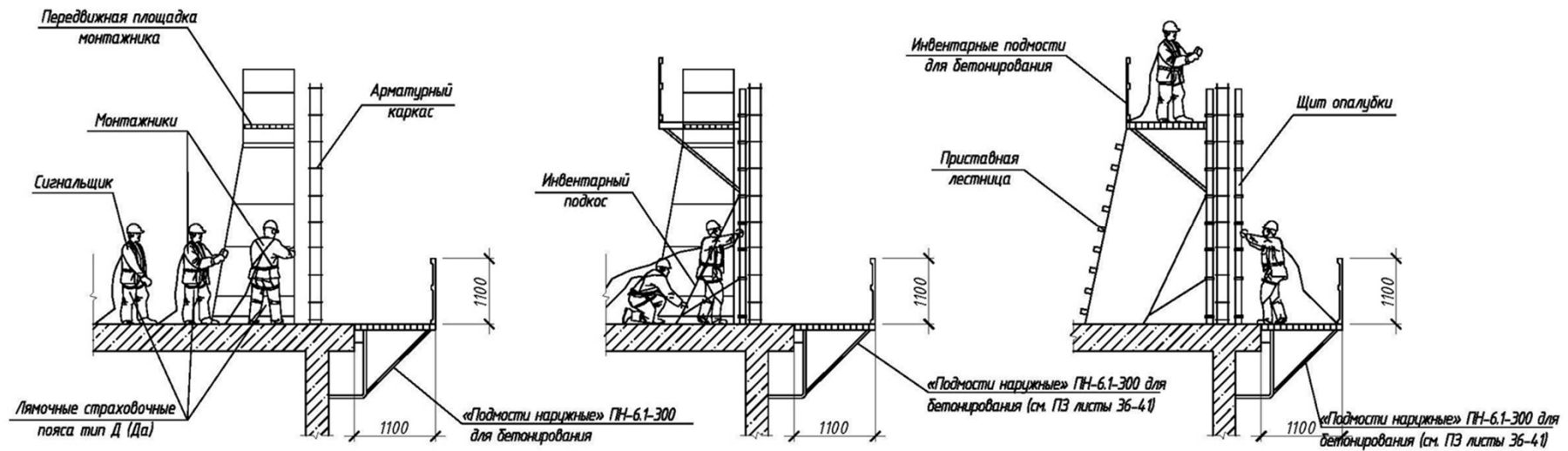
на телескопических стойках



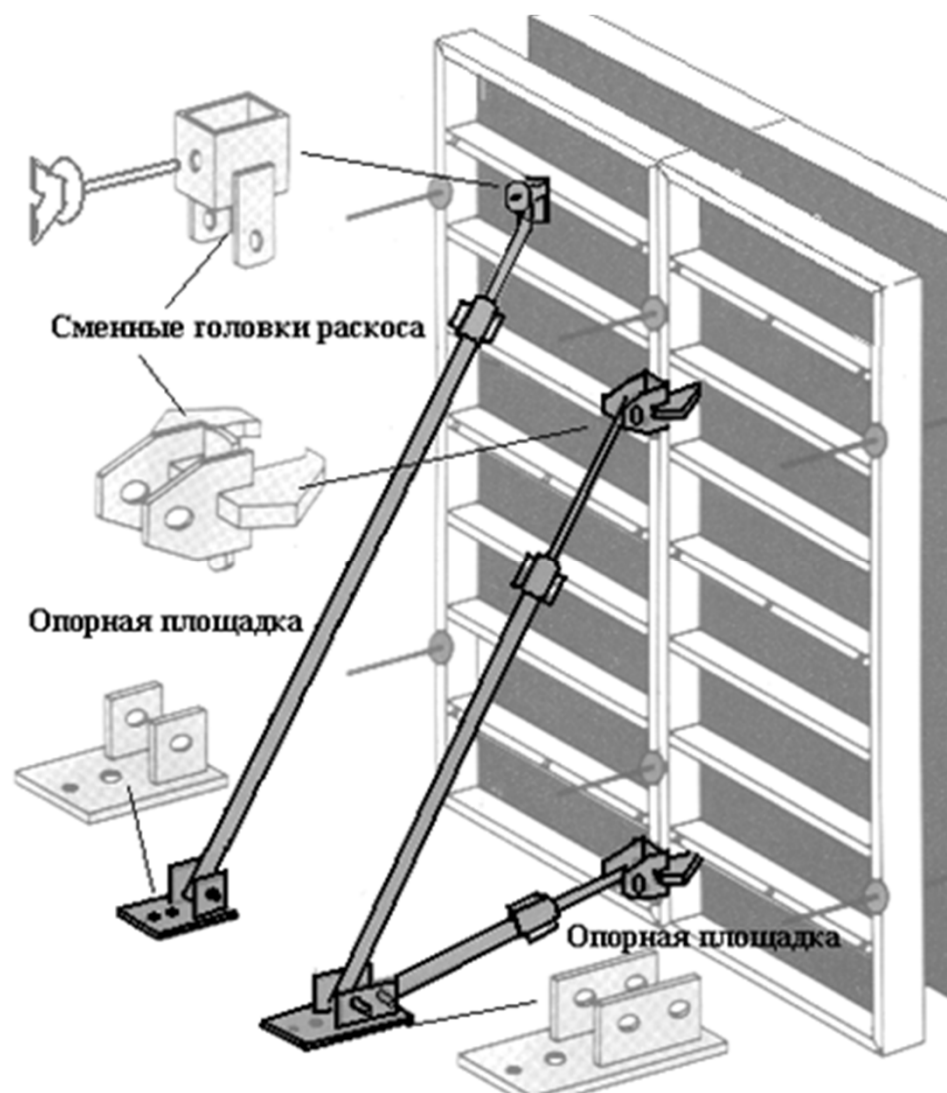
на объемных стойках



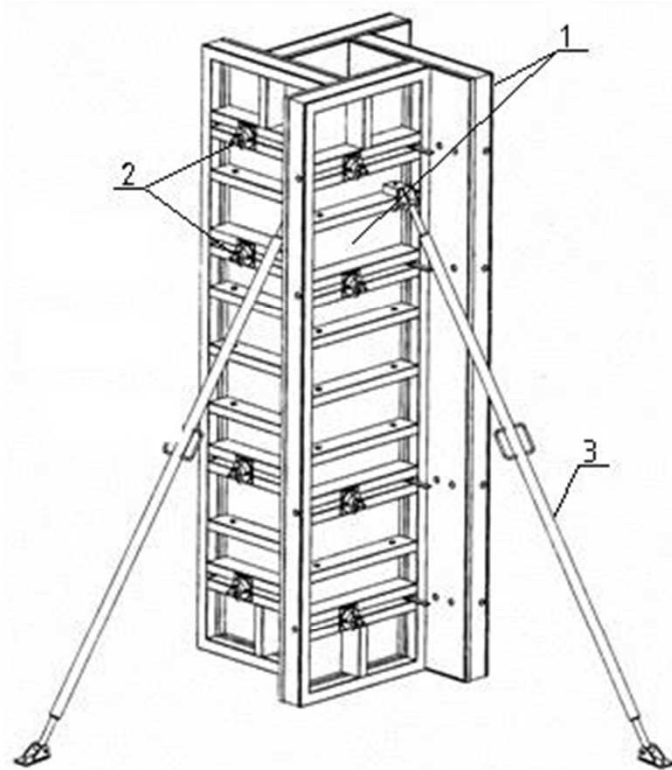
Схемы установки опалубки стен и колонн



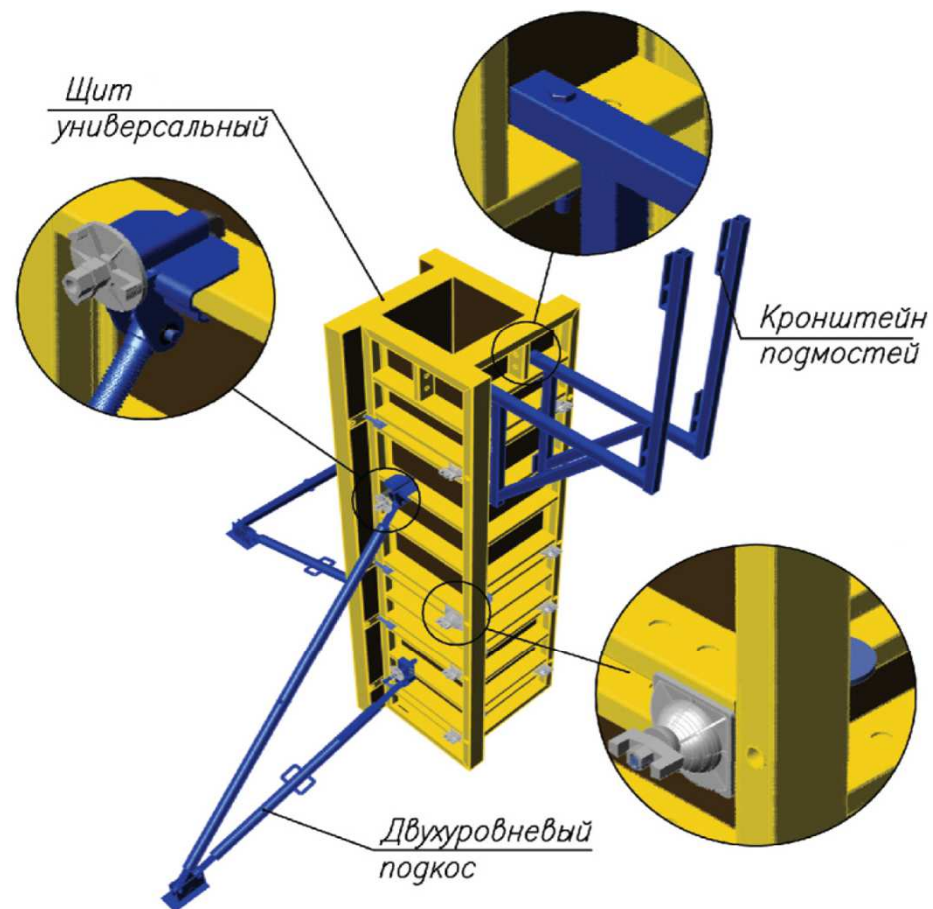
Основные элементы опалубки стен



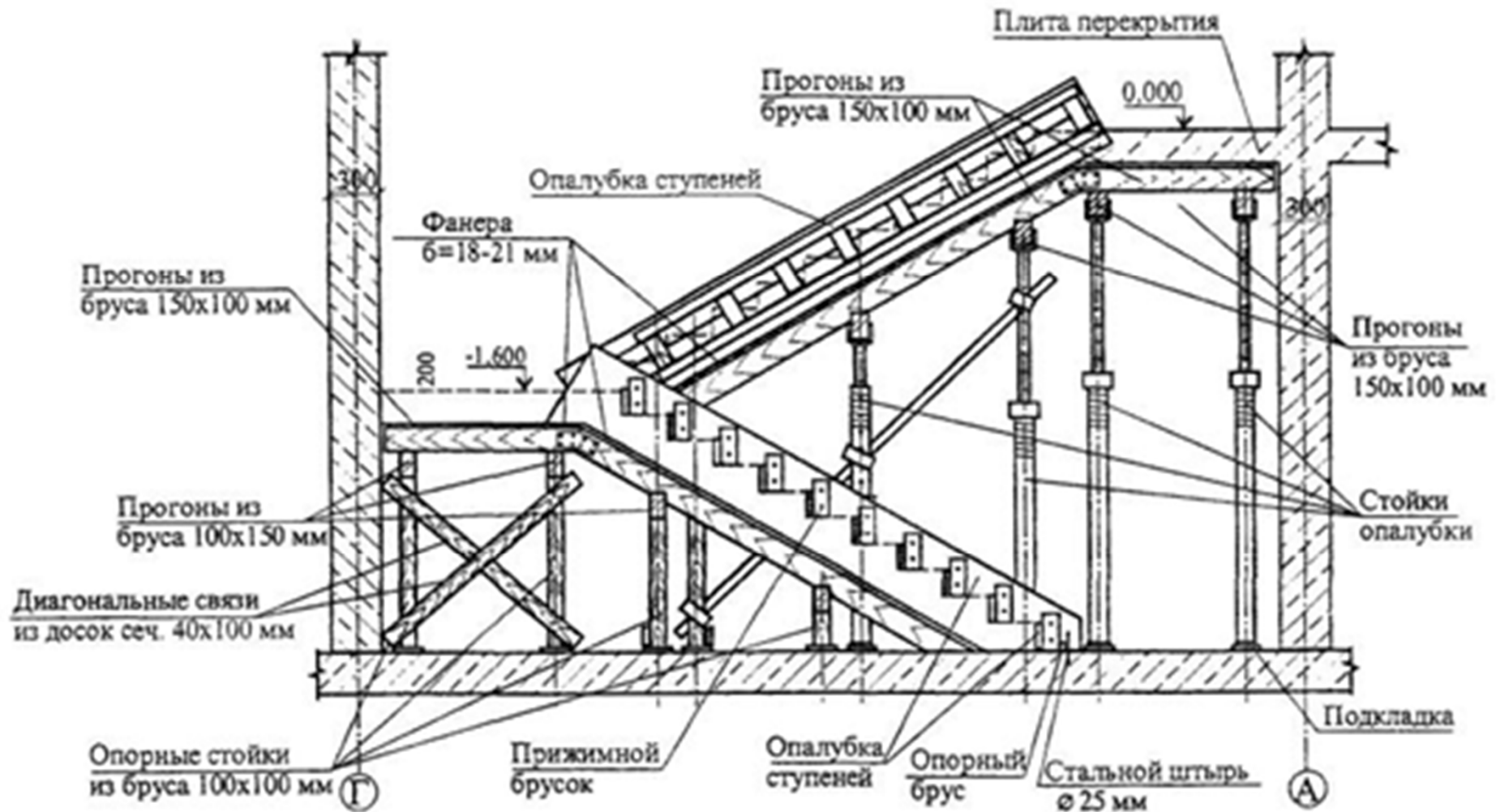
Основные элементы опалубки колонн



1- щит универсальный;
2- анкер с гайкой; 3 - подкос



Основные элементы опалубки лестничного марша



СМАЗКА ОПАЛУБКИ

Поверхность опалубки, соприкасающуюся с бетоном, перед укладкой бетонной смеси необходимо покрыть смазкой.

Смазку следует наносить тонким слоем на тщательно очищенную поверхность.

Не допускается попадание смазки на арматуру и закладные детали.

Поверхность опалубки после нанесения на нее смазки следует защищать от загрязнения, дождя и солнечных лучей.

СМАЗКА ДЛЯ ОПАЛУБКИ

Виды смазок в зависимости от назначения:

- смазки для летнего периода работ;
- смазки для зимнего периода работ.

Виды смазок по физическому состоянию:

- жидкости;
- эмульсии;
- дисперсии;
- пасты.

Виды смазок по виду основного функционального материала:

- на основе эмульсолов;
- на основе минеральных и синтетических масел;
- на основе прочих продуктов (отработка масел, жиры, полимеры, парафины и прочее).

ЛЕКЦИЯ 7: ТЕХНОЛОГИЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

В качестве смазки для опалубки применяются:

- **ЭМУЛЬСОЛ** – смазывающая эмульсия прозрачно-желтого или светло-коричневого цвета, состоящая из минеральных масел, эмульгаторов, антикоррозионных и различных активных веществ.

ЭМУЛЬСОЛ ЭКС-А, ЭМУЛЬСОЛ ЭКС-ИМ: температура применения: – 15°C ... + 40°C, расход: 1 л/15 кв. м.

- **АНГРОЛ** – производится путем смешивания синтетических органических соединений с неорганическими (эмульгаторы, антикоррозионные добавки, пеногасители),

температура применения: – 32°C ... + 40°C, расход: 1 л/15 кв. м.

- **ПЕТРАМИН 7-05** – смазка для опалубки на основе минерального масла от светло-желтого до светло-коричневого цвета,

температура применения: – 30°C ... + 90°C, расход: 1 л/50 кв. м.

Может наноситься на различные виды опалубки (металлические формы, деревянная опалубка, ламинированная фанера, пластиковые формы и др.) при изготовлении бетонных изделий, поверхность которых должна быть чистой и гладкой и для защиты металлических форм от коррозии.

АРМАТУРНЫЕ РАБОТЫ

Для армирования монолитных железобетонных конструкций используются **арматурные изделия:**

- отдельные стержни,**
- плоские сетки,**
- плоские каркасы,**
- пространственные каркасы,**
- закладные детали.**

АРМАТУРНЫЕ РАБОТЫ

Для изготовления арматурных изделий используются:

- прокат арматурный диаметром от 4 до 40 мм **гладкого** профиля класса **A240** и **периодического** профиля классов **A400, A500 и A600**, предназначенный для применения при возведении монолитного железобетона,
- прокат арматурный периодического профиля классов **Ap600, A800 и A1000**, предназначенный для применения при армировании предварительно напряженных железобетонных конструкций по **ГОСТ 34028-2016** (**взамен ГОСТ 5781 и ГОСТ 10884**);
- прокат арматурный свариваемый периодического профиля диаметром от 4 до 12 мм класса **B500C** по **ГОСТ Р 52544-2006**; (**B – холоднодеформированный, C – свариваемый**);
- проволока холодноотянутая из низкоуглеродистой стали диаметром **3,0, 4,0 и 5,0 мм** класса **Bp-1** по **ГОСТ 6727**.

Классификация арматурного проката по ГОСТ34028-2016

По назначению:

- для армирования ЖБК в зависимости от уровня предела текучести $\sigma_T (\sigma_{0,2})$, Н/мм², по классам: А240, А400, А500, А600;
- для армирования предварительно-напряженных ЖБК в зависимости от уровня предела текучести $\sigma_T (\sigma_{0,2})$, Н/мм², по классам: Ап600, А800, А1000.

По конфигурации периодического профиля - на формы: 1ф, 2ф, 3ф, 4ф.

По состоянию поставки:

- в прутках мерной длины (МД);
- в прутках мерной длины с немерной (МД1);
- в прутках немерной длины (НД);
- в мотках.

ЛЕКЦИЯ 7: ТЕХНОЛОГИЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

По геометрическим параметрам:

- гладкого профиля - класса А240;
- периодического профиля: А400, А500, А600, Ап600, А800 и А1000.

По группам предельных отклонений массы 1 м длины проката периодического профиля - ОМ1 и ОМ2.

По набору технических требований:

а) свариваемый всеми способами сварки - С;

б) категорий пластичности:

- повышенной - Н;
- высокой (для сейсмически стойкого проката) - Е;

в) с требованиями к стойкости против коррозионного растрескивания - К;

г) с требованиями к выносливости при многократно повторяющихся циклических нагрузках - У;

д) с требованиями по релаксации напряжений – Р;

е) по овальности профиля:

- повышенной точности - ОВ1;
- обычной точности - ОВ2.

ЛЕКЦИЯ 7: ТЕХНОЛОГИЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

ПРИМЕРЫ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ПРОКАТА ПО ГОСТ 34028-2016

при поставке в прутках:

Прокат гладкий, в прутках, мерной (МД) длины 9000 мм, диаметром 12 мм, класса А240:

Пруток МД-12х9000-А240 ГОСТ 34028-2016

Прокат периодического профиля формы 1ф, в прутках, немерной (НД) длины, диаметром 10 мм, с предельными отклонениями по массе 1 м длины для группы ОМ1, обычной точности по овальности ОВ2, класса А500, со стандартными требованиями:

Пруток 1ф-НД-10-ОМ1-ОВ2-А500 ГОСТ 34028-2016

Прокат периодического профиля формы 2ф, для армирования предварительно-напряженных железобетонных конструкций, в прутках, мерной 9000 мм с немерной длины (МД1), диаметром 15 мм, с предельными отклонениями по массе 1 м длины для группы ОМ1, класса Ап600, с требованием к стойкости против коррозионного растрескивания (К):

Пруток 2ф-МД1-15х9000-ОМ1-Ап600К ГОСТ 34028-2016

ЛЕКЦИЯ 7: ТЕХНОЛОГИЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

при поставке в прутках:

Прокат периодического профиля формы 2ф, для армирования предварительно-напряженных железобетонных конструкций, в прутках, мерной 9000 мм с немерной длины (МД1), диаметром 15 мм, с предельными отклонениями по массе 1 м длины для группы ОМ1, класса А600, свариваемый (С), высокой категории пластичности (Е), с требованиями к выносливости при многократно повторяющихся циклических нагрузках (У), с требованием к стойкости против коррозионного растрескивания (К):

Пруток 2ф-МД1-15х9000-ОМ1-А600СЕУК ГОСТ 34028-2016

при поставке в мотках:

Прокат периодического профиля формы 3ф, в мотках, диаметром 10 мм, с предел. отклонениями по массе 1 м длины для группы ОМ2, класса А500, свариваемый (С), повышен. категории пластичности (Н):

Моток 3ф-10-ОМ2-А500СН ГОСТ 34028-2016

Прокат периодического профиля формы 2ф, в мотках, диаметром 12 мм, с предельными отклонениями по массе 1 м длины для группы ОМ2, класса А500, с гарантированной прочностью крестообразных соединений контактно-точечной сваркой:

Моток 2ф-12-ОМ2-А500 ГОСТ 34028-2016 с учетом 6.1.4.2

ЛЕКЦИЯ 7: ТЕХНОЛОГИЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

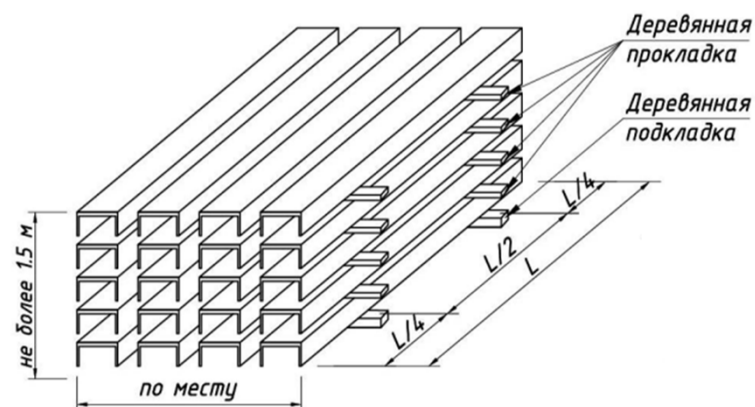
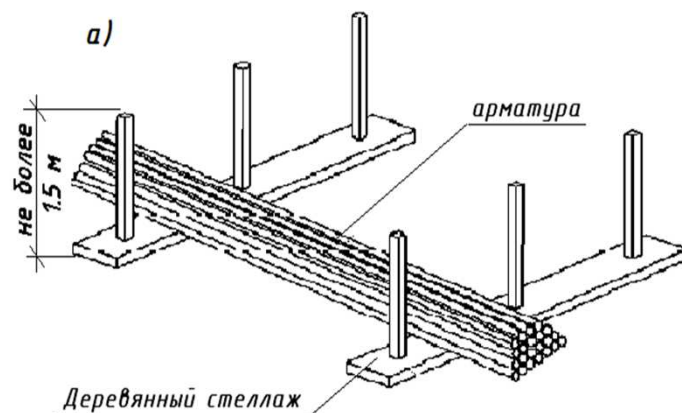
Арматурные изделия, изготовленные в заводских условиях, должны доставляться на стройплощадку комплектно и складироваться в соответствии с ППР.

Отдельные стержни, плоские каркасы и сетки следует перевозить пакетами в горизонтальном положении.

Масса пакета не должна превышать 3 т.

Пространственные каркасы необходимо грузить, перевозить и разгружать таким образом, чтобы они не деформировались под действием собственной массы.

Схема складирования отдельных стержней и металлопроката

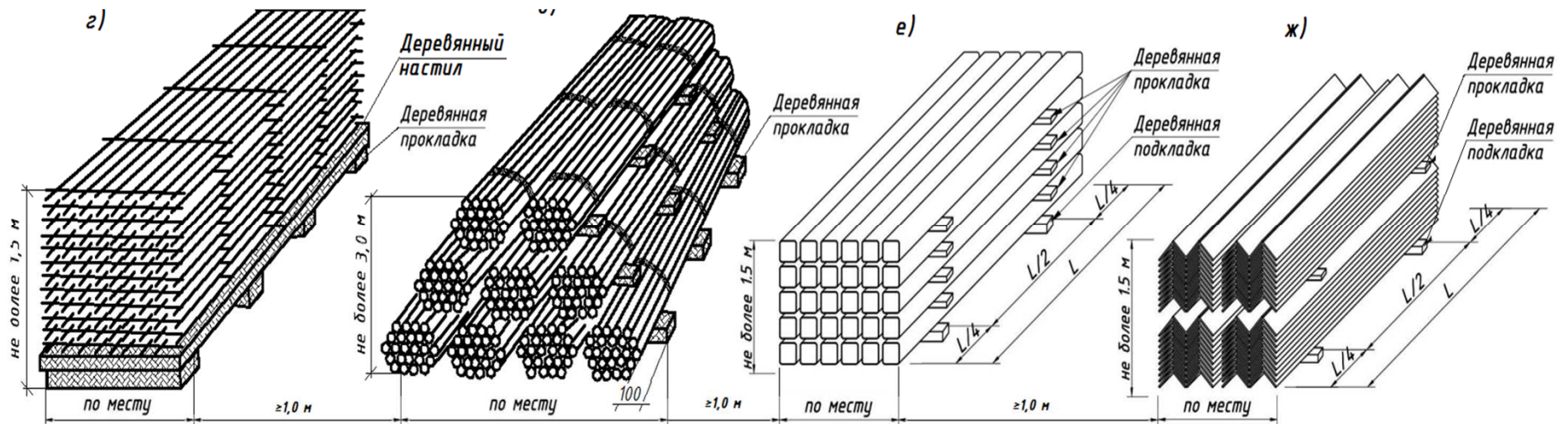


Схемы складирования арматурных изделий в пакетах

Арматурные сетки

Арматурные стержни в пакетах

Металлопрокат



Погрузочно-разгрузочные работы арматурных изделий массой более 30 кг и их подъем на высоту более 1,5 м должны производиться с использованием средств механизации.

Пакеты отдельных стержней и сеток следует хранить отдельно по маркам в штабелях высотой не более 2 м.

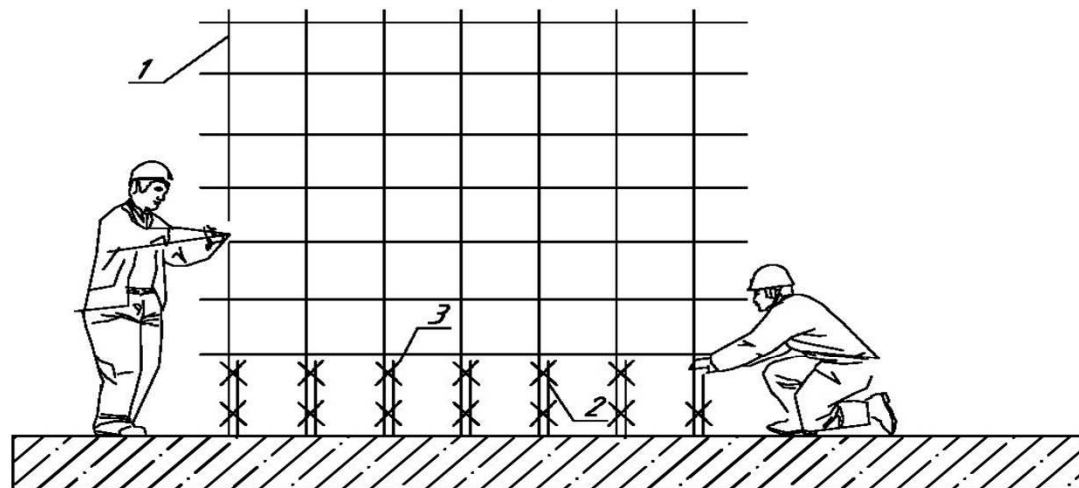
Рулоны сеток складываются не более чем в три яруса. При складировании между штабелями сеток должен быть свободный проход шириной не менее 0,5 м.

Проходы между складываемой арматурой и стеной или колонной должны быть не менее 1 м, между перекрытием здания и складываемой арматурой – не менее 1 м, между светильником и складываемой арматурой – не менее 0,5 м.

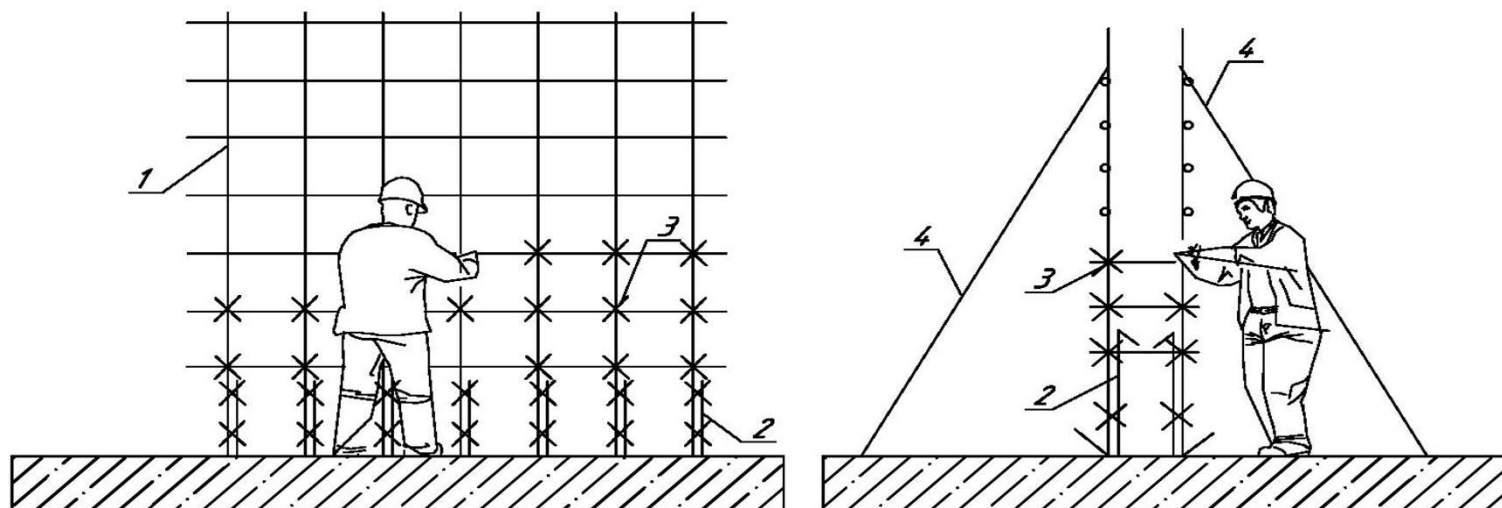
ЛЕКЦИЯ 7: ТЕХНОЛОГИЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Схема армирования стен плоскими сетками

Установка плоских сеток

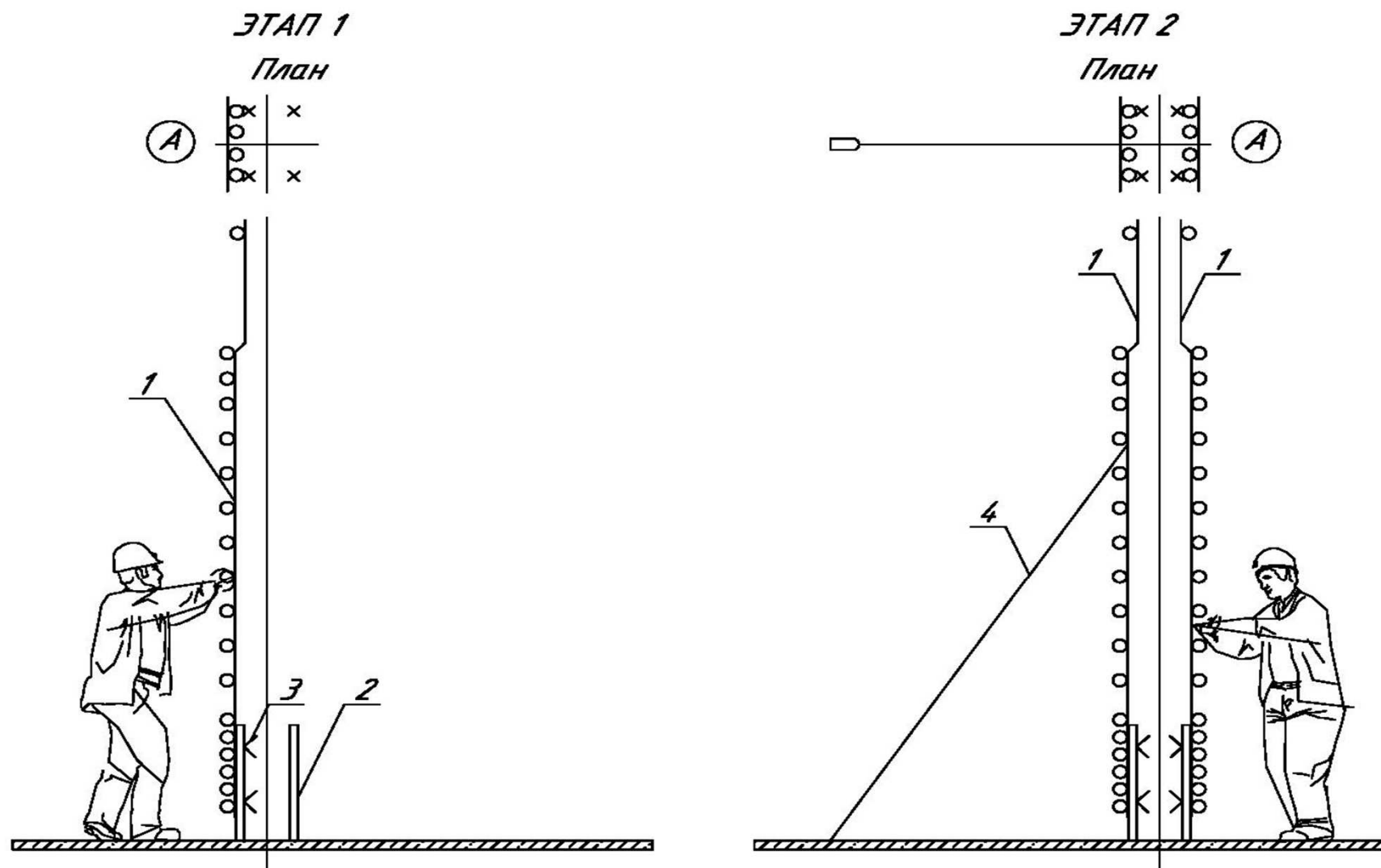


Установка поперечных арматурных стержней на высоте до 1,5 м



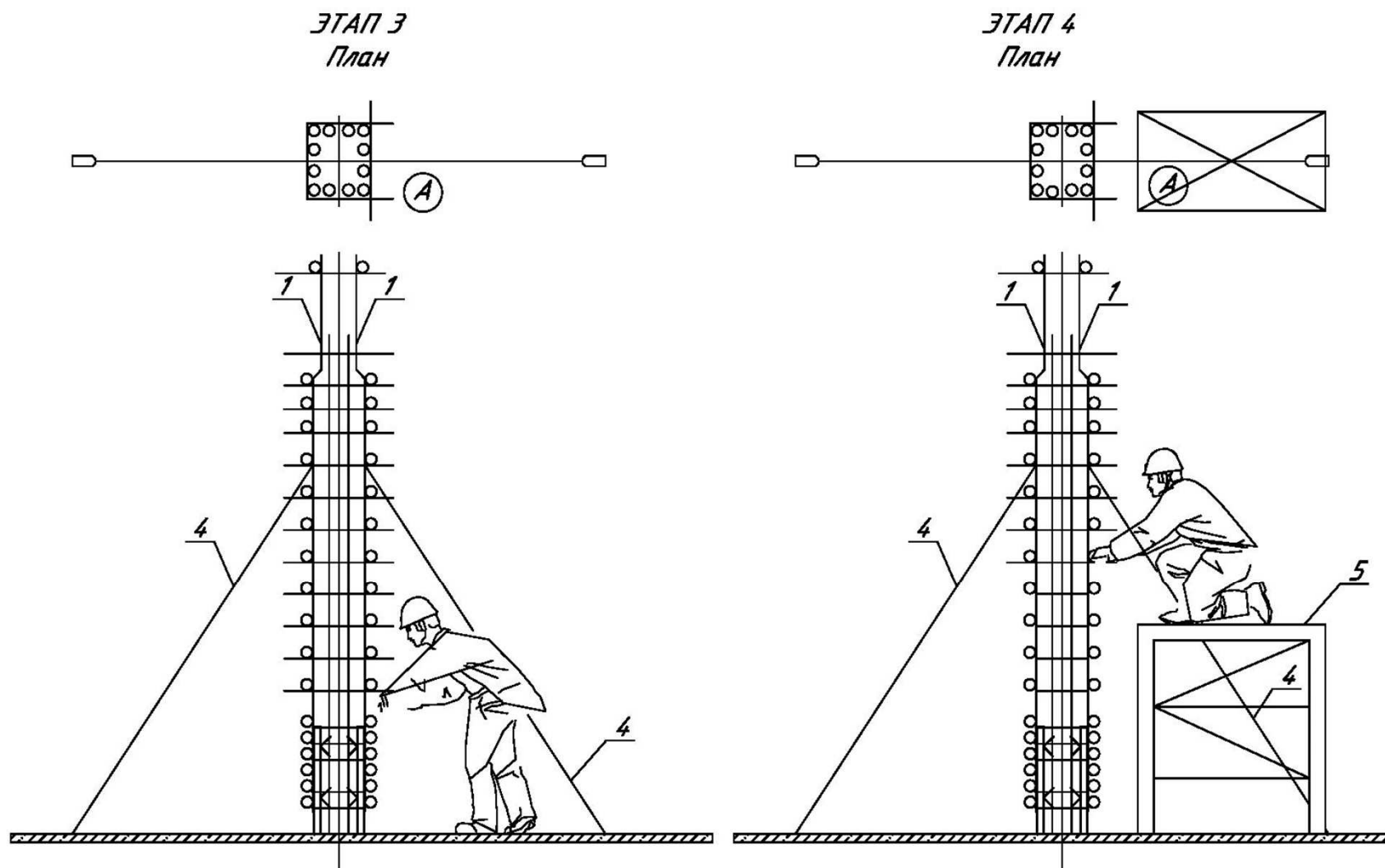
ЛЕКЦИЯ 7: ТЕХНОЛОГИЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Схема армирования стен плоскими сетками



ЛЕКЦИЯ 7: ТЕХНОЛОГИЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Схема армирования стен плоскими сетками



1 - плоская сетка; 4 - оттяжка;
5 - инвентарные подмости; А - арматурщик

Минимальные расстояния в свету между стержнями арматуры должны обеспечить совместную работу арматуры с бетоном и качественное изготовление конструкций и составлять не менее:

- наибольшего диаметра стержня;**
- 25 мм – при горизонтальном или наклонном положении стержней при бетонировании для нижней арматуры, расположенной в один или два ряда;**
- 30 мм – то же, для верхней арматуры;**
- 50 мм – то же, при расположении нижней арматуры более чем в два ряда (кроме стержней двух нижних рядов), а также при вертикальном положении стержней при бетонировании.**

ЛЕКЦИЯ 7: ТЕХНОЛОГИЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Наибольшие расстояния между осями стержней продольной арматуры должны быть:

- а) в изгибаемых элементах — не более 400 мм;**
- б) в линейных внецентренно сжатых элементах:**
 - не более 500 мм в плоскости изгиба,**
 - не более 400 мм в плоскости, перпендикулярной к плоскости изгиба.**

Минимально допустимая толщина защитного слоя бетона в зависимости от среды эксплуатации монолитной конструкции:

Требование	Классы сред эксплуатации																	
	Неагрессивная среда	Карбонизация				Хлоридная коррозия						Замораживание-оттаивание				Химическая коррозия		
						Морская вода			Прочие хлоридные воздействия									
	Индексы сред эксплуатации																	
X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	
Минимальная толщина защитного слоя бетона, мм	20	30	35		50			50			50				35	40	50	

ЛЕКЦИЯ 7: ТЕХНОЛОГИЯ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

Фиксаторы толщины защитного слоя бетона

ФС стойка на грунт



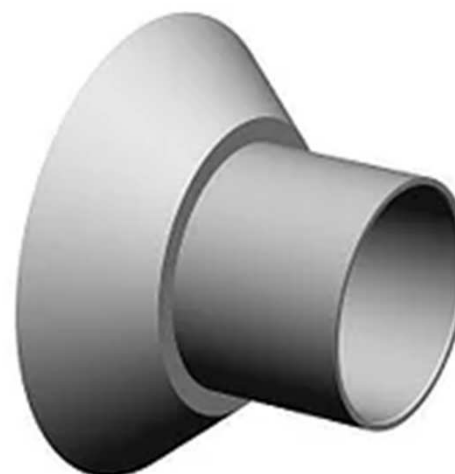
«Круглый» / «Колечко»



«Звездочка»



«Конус»



ЛЕКЦИЯ 8

БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Содержание

- 1 Бетонные работы. Способы подачи и укладки бетонной смеси**
- 2 Вибрационное уплотнение бетонной смеси**
- 3 Уход за уложенным бетоном**
- 4 Технология зимнего бетонирования**

Бетонные работы

При разработке проекта производства работ (ППР) для выполнения бетонных работ должны быть предусмотрены:

- выбор типа и расчет комплекта опалубки;**
- обоснование способа подачи и укладки бетонной смеси;**
- выбор бетоноукладочного комплекса;**
- разработка технологического регламента бетонирования.**

Способ подачи бетонной смеси выбирают по расчетному значению интенсивности бетонирования.

Способ укладки бетонной смеси осуществляется с учетом геометрии и степени армирования конструкции, свойств бетонной смеси.

Выбор бетоноукладочного комплекса зависит от вида бетонируемой конструкции, климатических условий, ситуационных условий строительной площадки, сроков производства работ, темпа бетонирования.

При выборе способа подачи бетонной смеси необходимо учитывать требования по обеспечению:

- минимизации перегрузок бетонной смеси;**
- допустимой высоты сбрасывания бетонной смеси;**
- защиты бетонной смеси от атмосферных осадков;**
- требуемой температуры при укладке в опалубку в зимних условиях.**

ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Схема подачи бетонной смеси	Способ укладки бетонной смеси, оборудование
«Автобетоносмеситель – лоток – опалубка»: при высоте сброса смеси до 2 м; «Автобетоносмеситель – лоток – хобот – опалубка»: при высоте сброса более 2 м	Гравитационный: - автобетоносмесители с лотками (желобами) с непосредственной подачей смеси в опалубку
«Автобетоносмеситель – транспортёр – хобот – опалубка»	Механизированный: - автобетоносмесители с транспортерной лентой; - бетоноукладчики ленточные самоходные
«Автобетоносмеситель – бункер – кран – опалубка»	- поворотные или неповоротные бадьи емкостью от 0,5 до 2 м ³ , перемещаемые при помощи кранов
«Автобетоносмеситель – бетононасос – манипулятор (бетонораспределительная стрела) – опалубка»	- бетононасосы с бетонораспределительной стрелой (автобетононасосы - до 50 м по горизонтали и вертикали; стационарные бетононасосы – до 350 м по вертикали, до 1000 м по горизонтали)
«Автобетоносмеситель – бункер – кран – вибропитатель – виброконвейер – опалубка»	- виброконвейер (виброжелоба с вибропитателем)

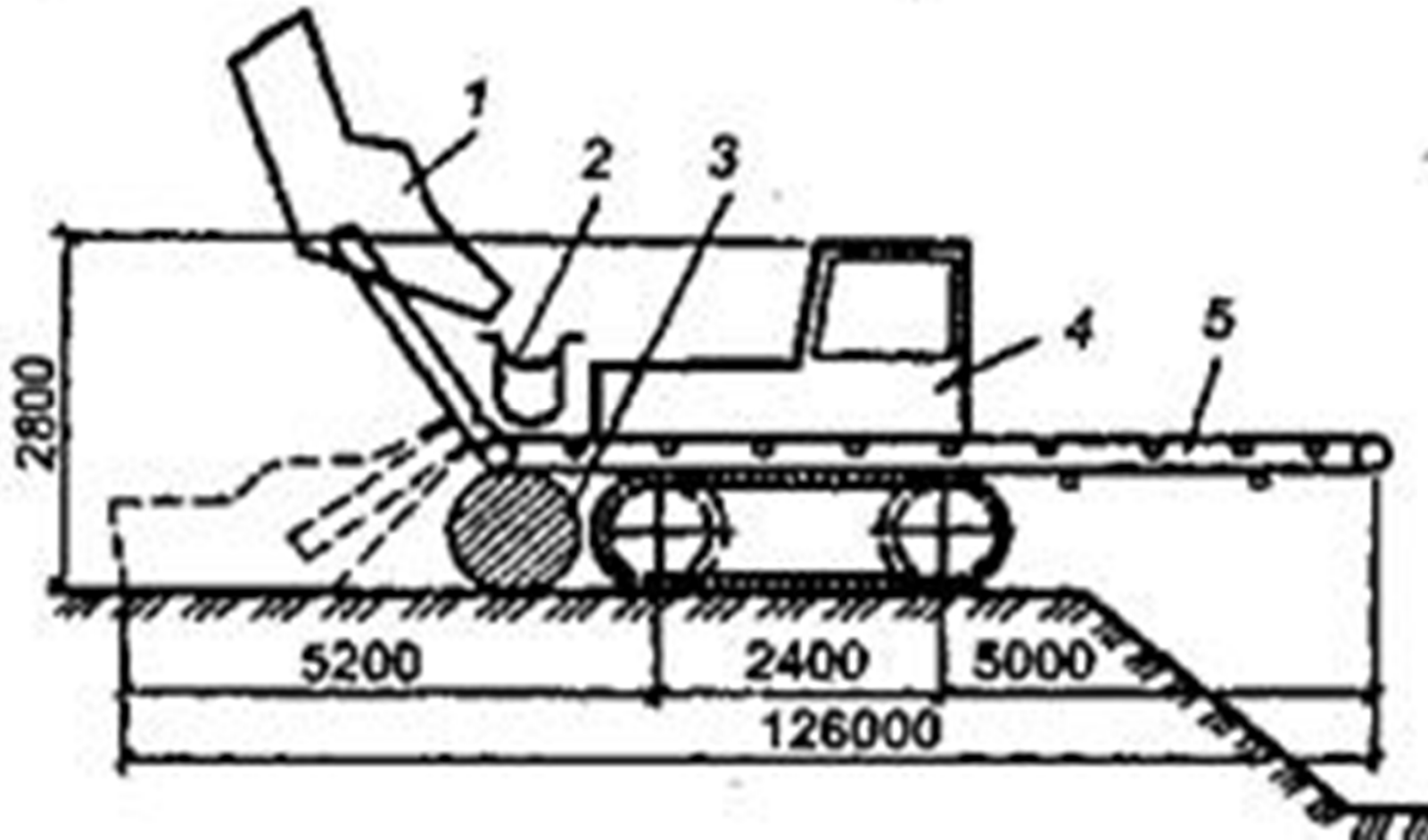
Автобетоносмеситель (емкость барабана от 6 до 12 м³)



Автобетоносмеситель с транспортной лентой К-12



Бетоноукладчик Б-1



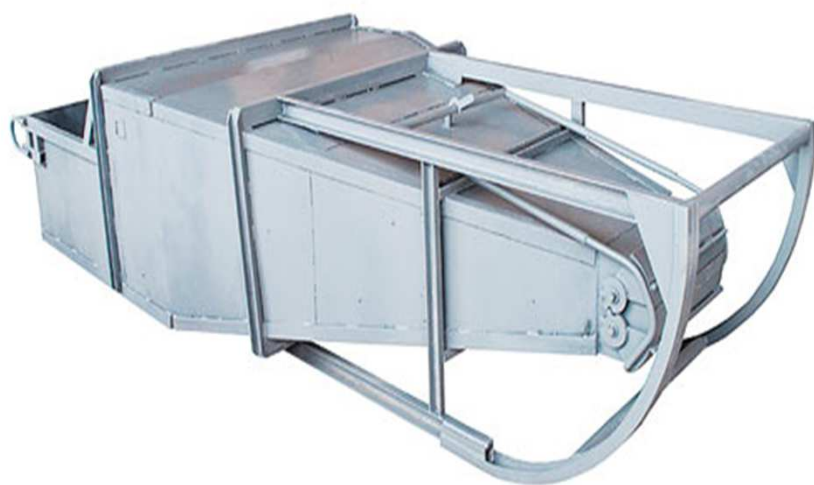
- 1 - скиповый подъемник; 2 - виброжелоб;**
3 - противовес; 4 - трактор; 5 - ленточный конвейер

Неповоротные бадьи емкостью до 2 м³



ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Поворотные бадьи емкостью от 0,5 до 2 м³



ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Автобетононасос с бетонораспределительной стрелой

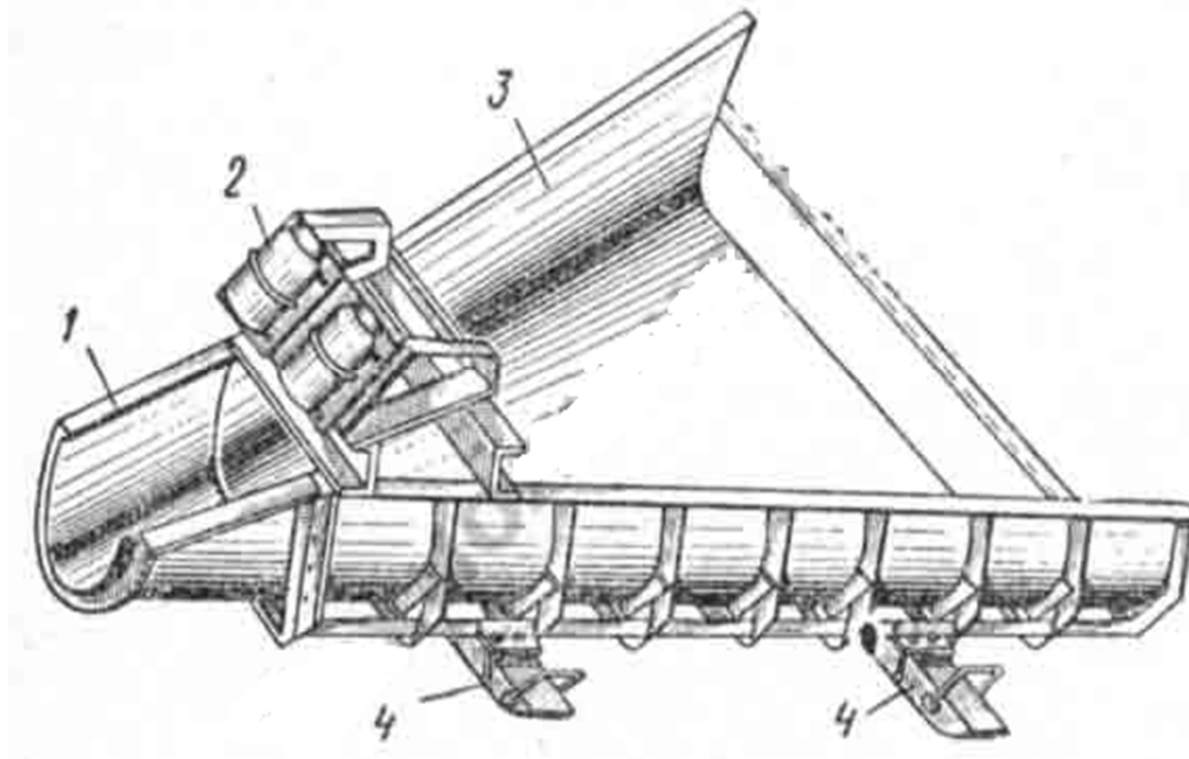


Стационарный бетононасос



ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Вибропитатель применяют для перемещения бетонной смеси на ограниченные расстояния. Он имеет широкую приемную часть корпуса для загрузки бетонной смесью из автобетоносмесителя и узкую разгрузочную, выдающую смесь в конструкцию.



1 - переходной лоток, 2 - вибраторы, 3 - корпус, 4 - полозья

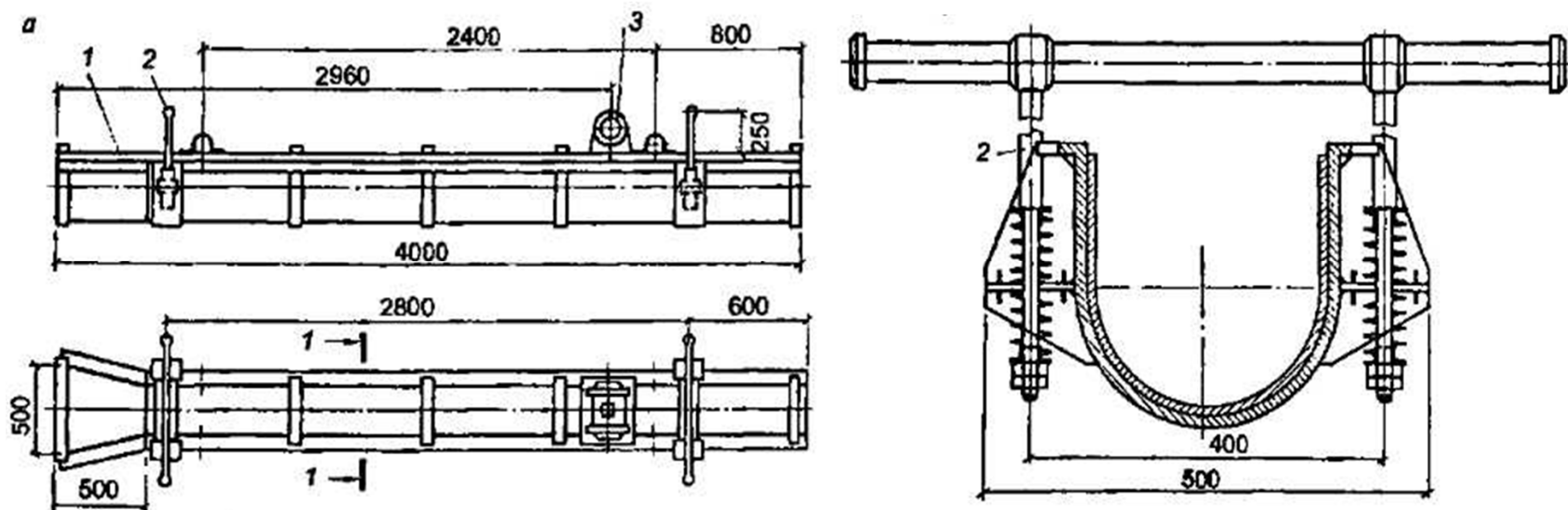
ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Виброжелоба (вибротетки) используют для распределения бетонной смеси по блоку бетонирования, а также для загрузки приемной воронки хобота при бетонировании фундаментов в глубоких котлованах.

Виброжелоб представляет собой лоток полукруглого сечения диаметром 300—400 мм и высотой 200—350 мм, который изготовлен по типу поворотного распределительного лотка из листовой стали, усиленной ребрами. Устанавливая ряд секций виброжелобов, можно подавать бетонную смесь на расстояние до 30 м.

Бетонная смесь движется в результате круговой или направленной вибрации, возникающей при работе одного вибратора, установленного на желобе.

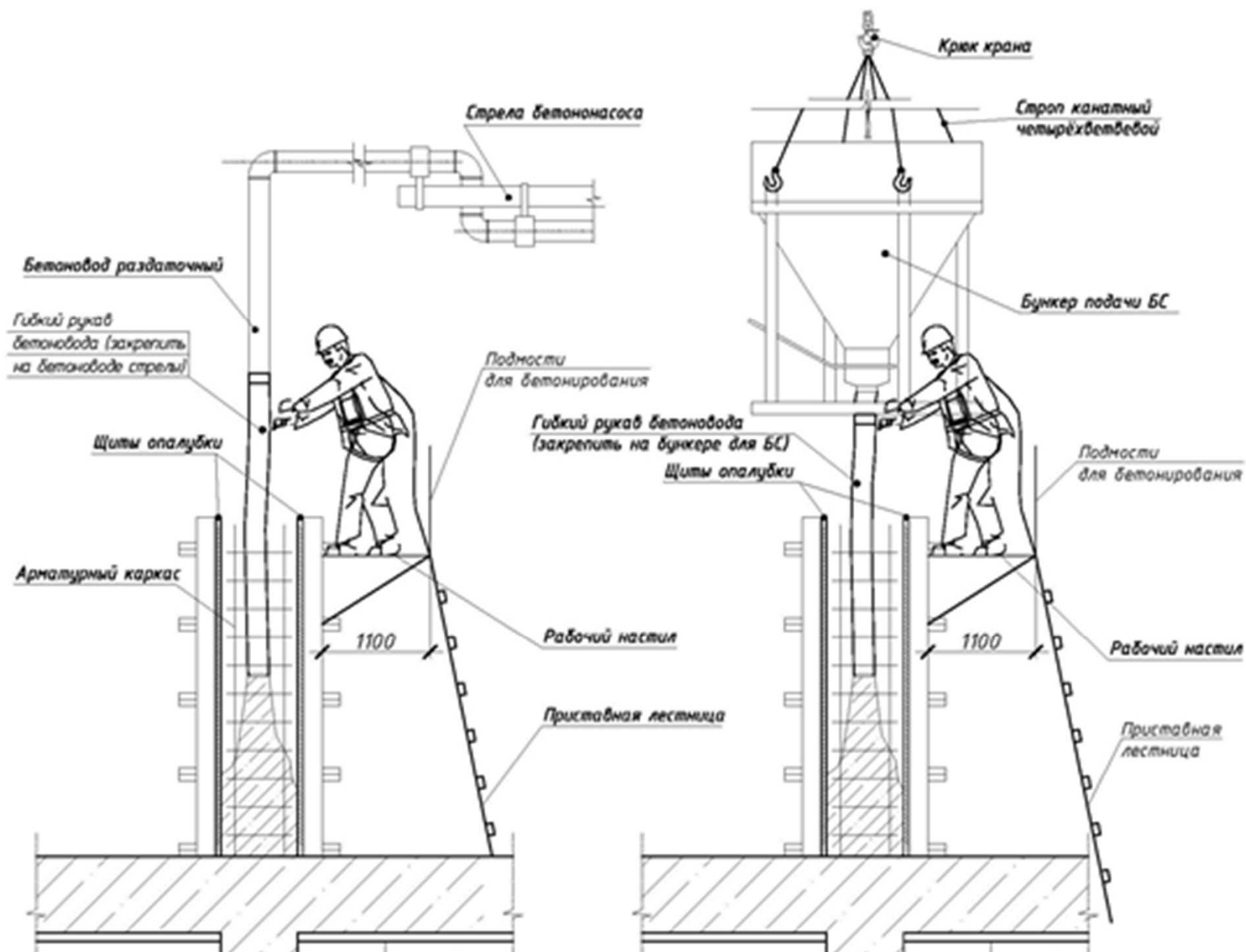
Виброжелоб (виброток)



- 1 - основание желоба; 2 - упругая подвеска;**
- 3 - вибратор кругового колебания**

ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Схема укладки бетонной смеси в опалубку



ВИБРАЦИОННОЕ УПЛОТНЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВИБРАЦИОННОГО УПЛОТНЕНИЯ

Параметры вибрационного воздействия:

- амплитуда колебаний A , см;
- частота колебаний f , Гц (с^{-1})

(или число оборотов $n = 60 \cdot f$, кол/мин);

- угловая скорость (для круговых колебаний):

$$\omega = 2\pi \cdot f = 2\pi \cdot n/60, \text{ с}^{-1}$$

Критерии интенсивности колебаний:

1: V_{max} - амплитудные значения скорости колебаний:

$$V_{max} = A \cdot \omega, \text{ см/с}$$

при переходе от угловой скорости к числу оборотов:

$$V_{max} = A \cdot 2\pi \cdot f = 0,1A \cdot n, \text{ см/с}$$

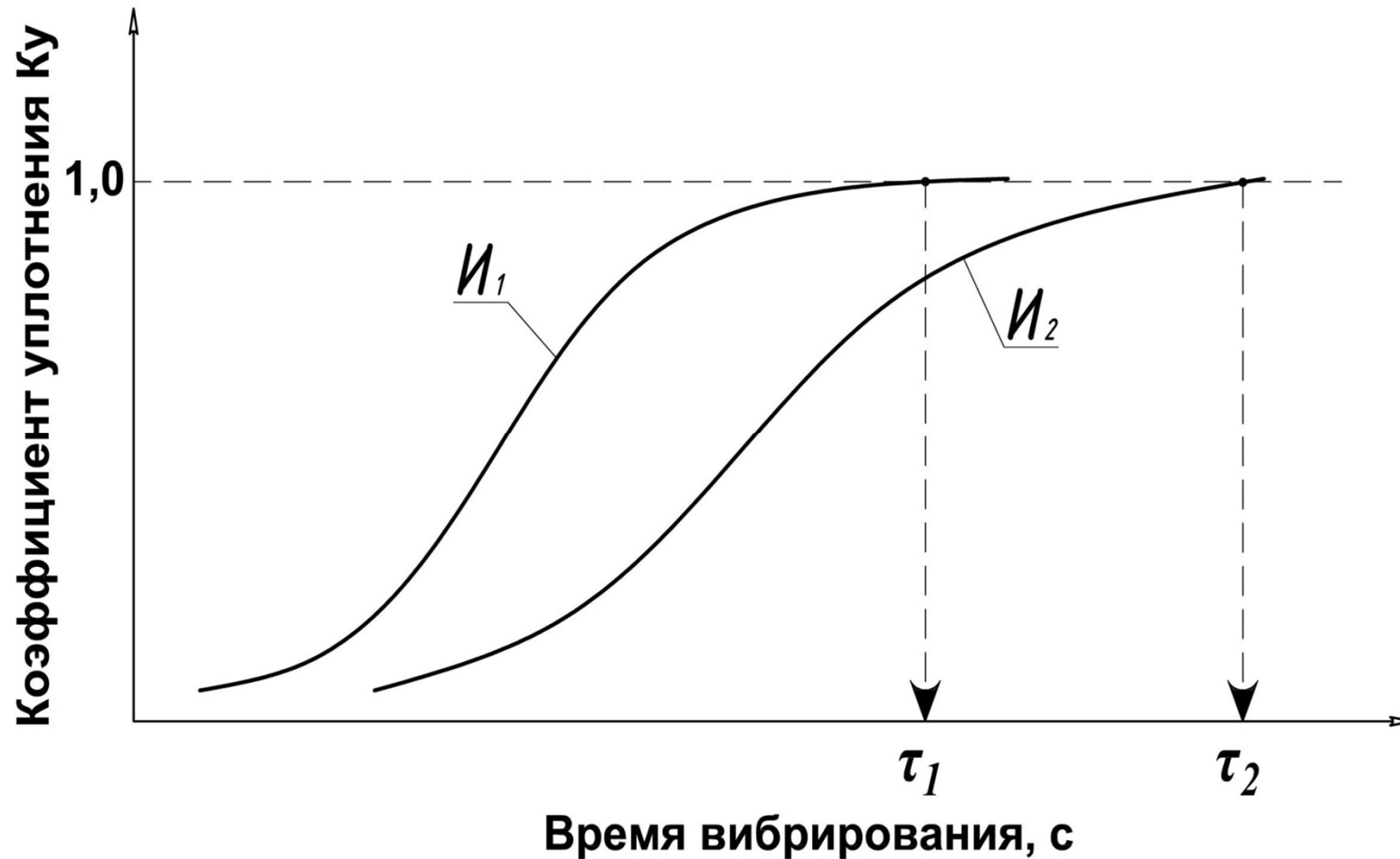
2: W_{max} - амплитудные значения ускорения колебаний (интенсивность колебаний по ускорению):

$$W_{max} = I_A = A \cdot \omega^2 = A \cdot 4\pi^2 \cdot f^2 = 0,01A \cdot n^2, \text{ см/с}^2$$

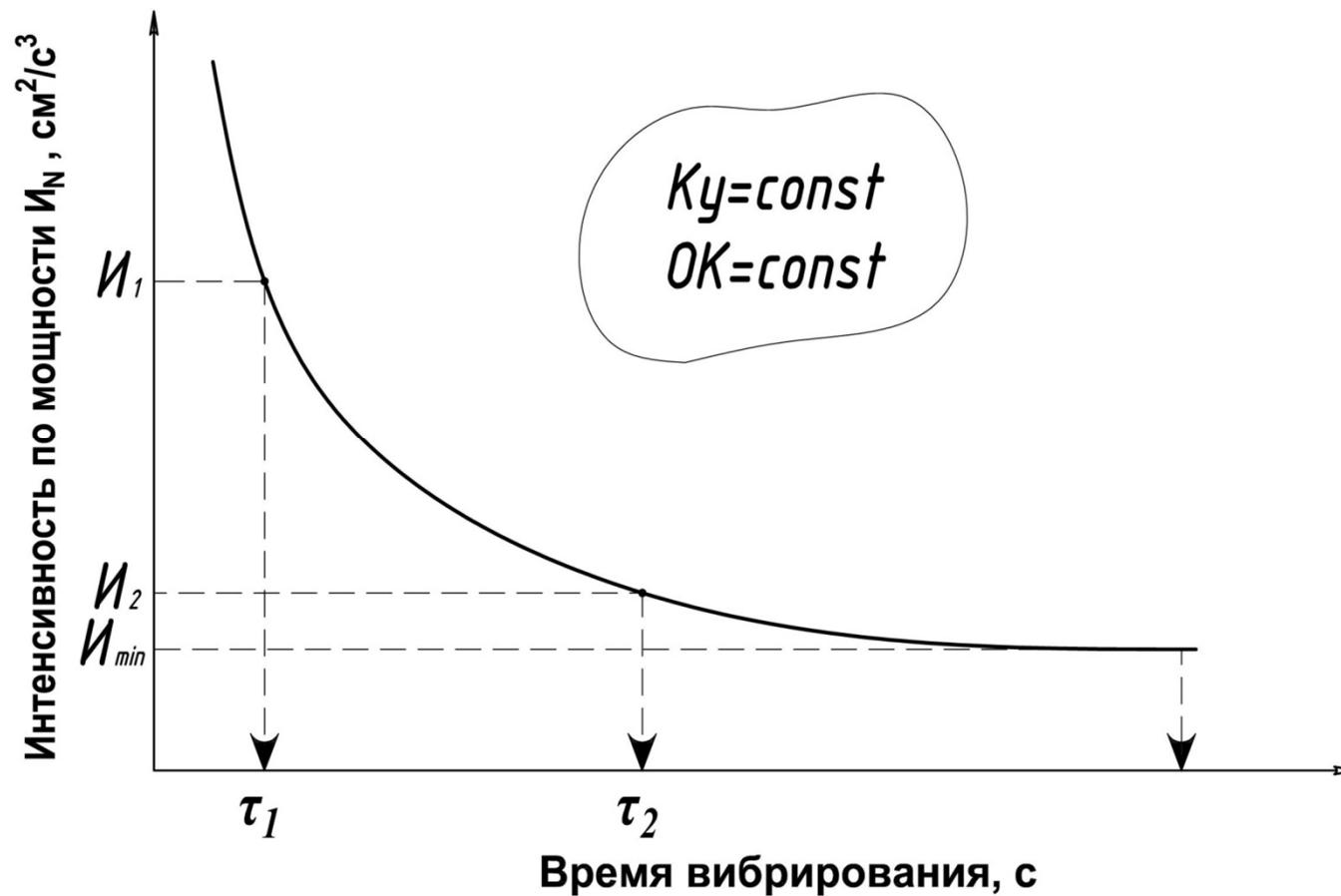
3: I_N - интенсивность колебаний по мощности:

$$I_N = V \cdot W = A^2 \cdot \omega^3 = A^2 \cdot 8\pi^3 \cdot f^3 = 0,001A^2 \cdot n^3, \text{ см}^2/\text{с}^3$$

Зависимость продолжительности виброуплотнения бетонной смеси от интенсивности колебаний



Изменение продолжительности виброуплотнения бетонной смеси от интенсивности колебаний



Распространение колебаний в бетонной смеси

По характеру передачи колебаний на бетонную смесь способы вибрирования подразделяются на:

- глубинное,**
- поверхностное,**
- контактное.**

Глубинное вибрирование характеризуется тем, что вибровозбудитель размещается внутри бетонной смеси и извлекается из нее в процессе или после завершения процесса уплотнения. Осуществляется с помощью глубинных вибраторов.

Поверхностное вибрирование характеризуется передачей колебаний на бетонную смесь со стороны открытой поверхности бетонируемой конструкции.

Контактное вибрирование осуществляется за счет изгибных колебаний опалубки за счет применения прикрепляемых (навесных) вибраторов.

Распространение колебаний в бетонной смеси

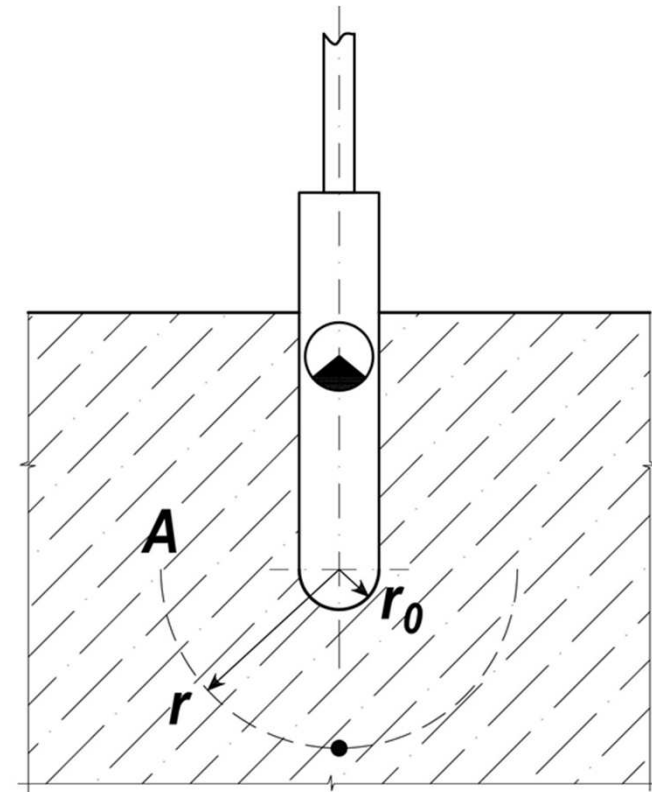
Глубинное вибрирование

Вибратор, создавая гармонические колебания, передает бетонной смеси энергию этих колебаний в виде бегущих продольных волн. Частицы смеси совершают вынужденные периодические колебания, находясь при этом в состоянии неустойчивого равновесия.

Затухание колебаний в бетонной смеси происходит по экспоненциальному закону:

$$A = A_0 \left(\sqrt{r_0/r} \cdot e^{-\frac{\beta \cdot (r-r_0)}{2}} \right)$$

β - коэффициент затухания колебаний, см⁻¹



Распространение колебаний в бетонной смеси

Поверхностное вибрирование

$$A = A_0 e^{-\frac{\beta \cdot h}{2}}$$

β - коэффициент затухания колебаний, см^{-1}

h – толщина единовременно уплотняемой смеси, см

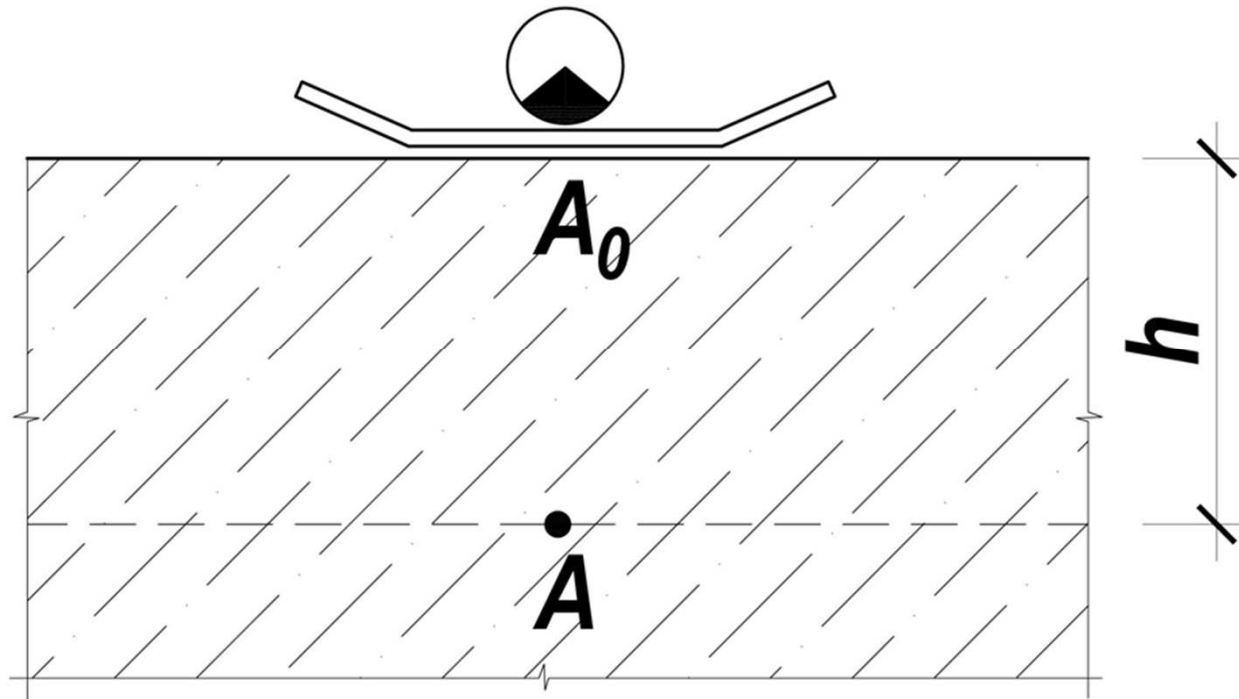
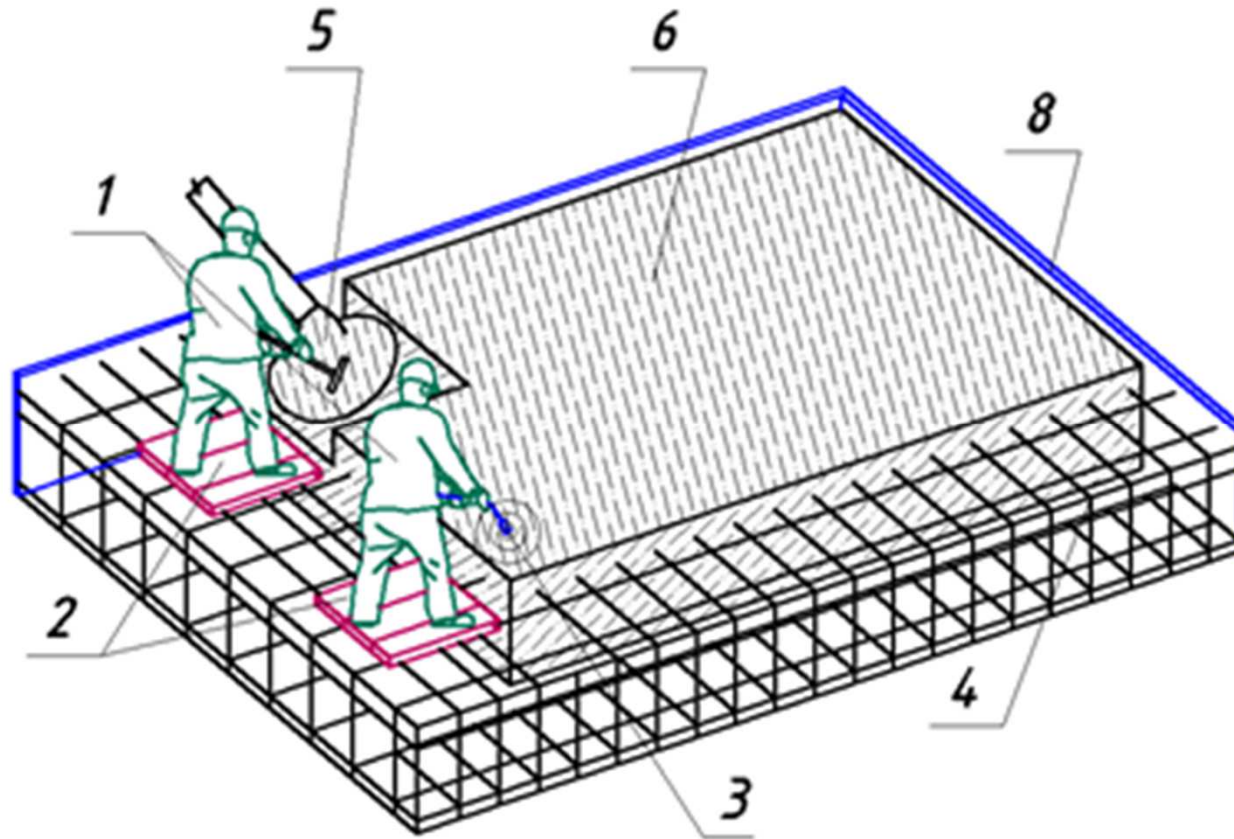


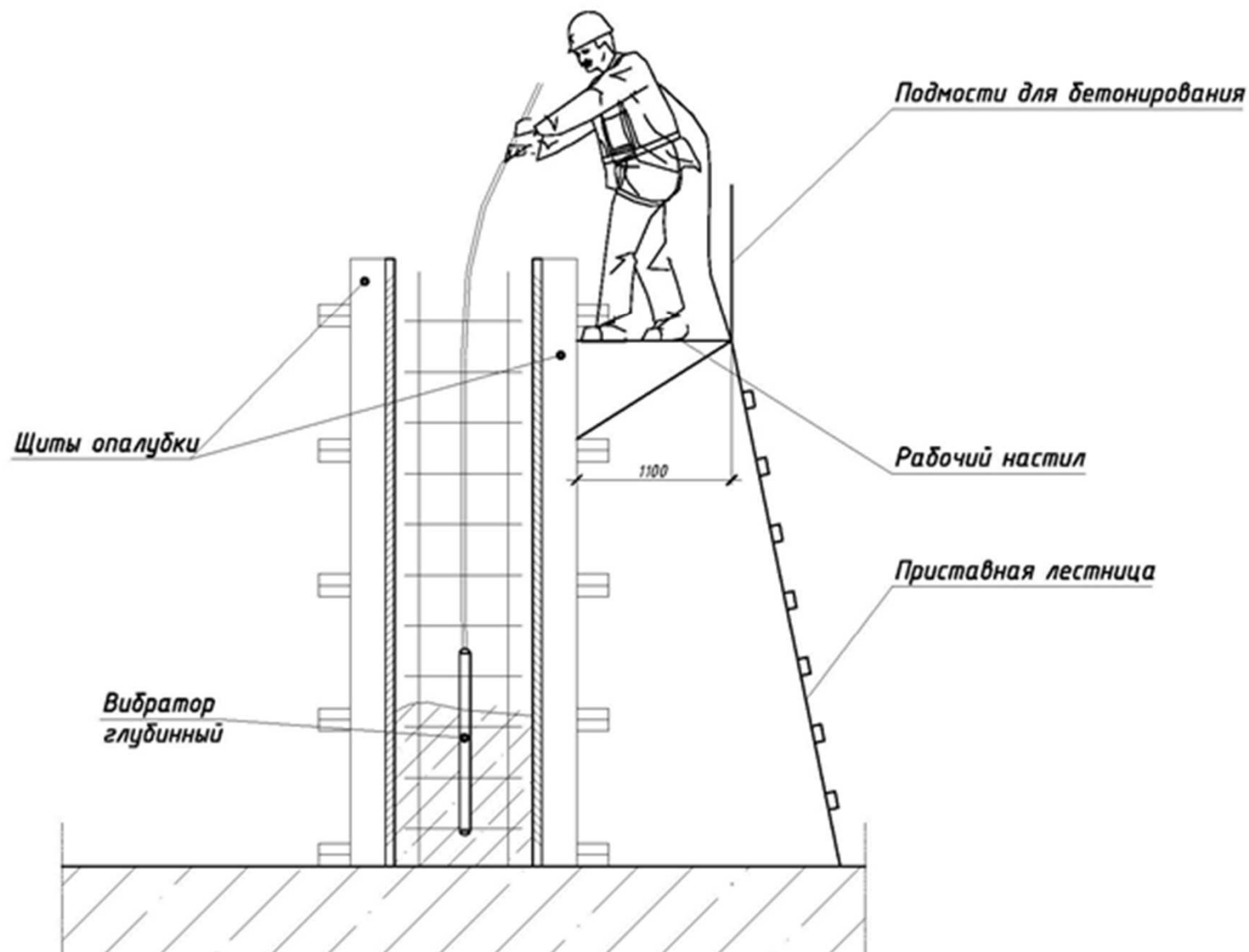
Схема бетонирования горизонтальных конструкций



1 – бетонщик; 2 – рабочий настил; 3 – глубинный вибратор; 4 – арматурный каркас; 5 – бетонная смесь; 6 – уложенный бетон

ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Схема бетонирования вертикальных конструкций



ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Процесс уплотнения бетонной смеси условно разделяется на две стадии:

первая - образование сплошной среды из рыхлонасыпной бетонной смеси (3 – 5 с). При этом осуществляется взаимная перекомпоновка крупных и мелких частиц заполнителя с образованием макроструктуры бетона - его структурного каркаса,

вторая - дальнейшее сближение частиц заполнителя между собой и удаление некоторой части оставшегося воздуха.

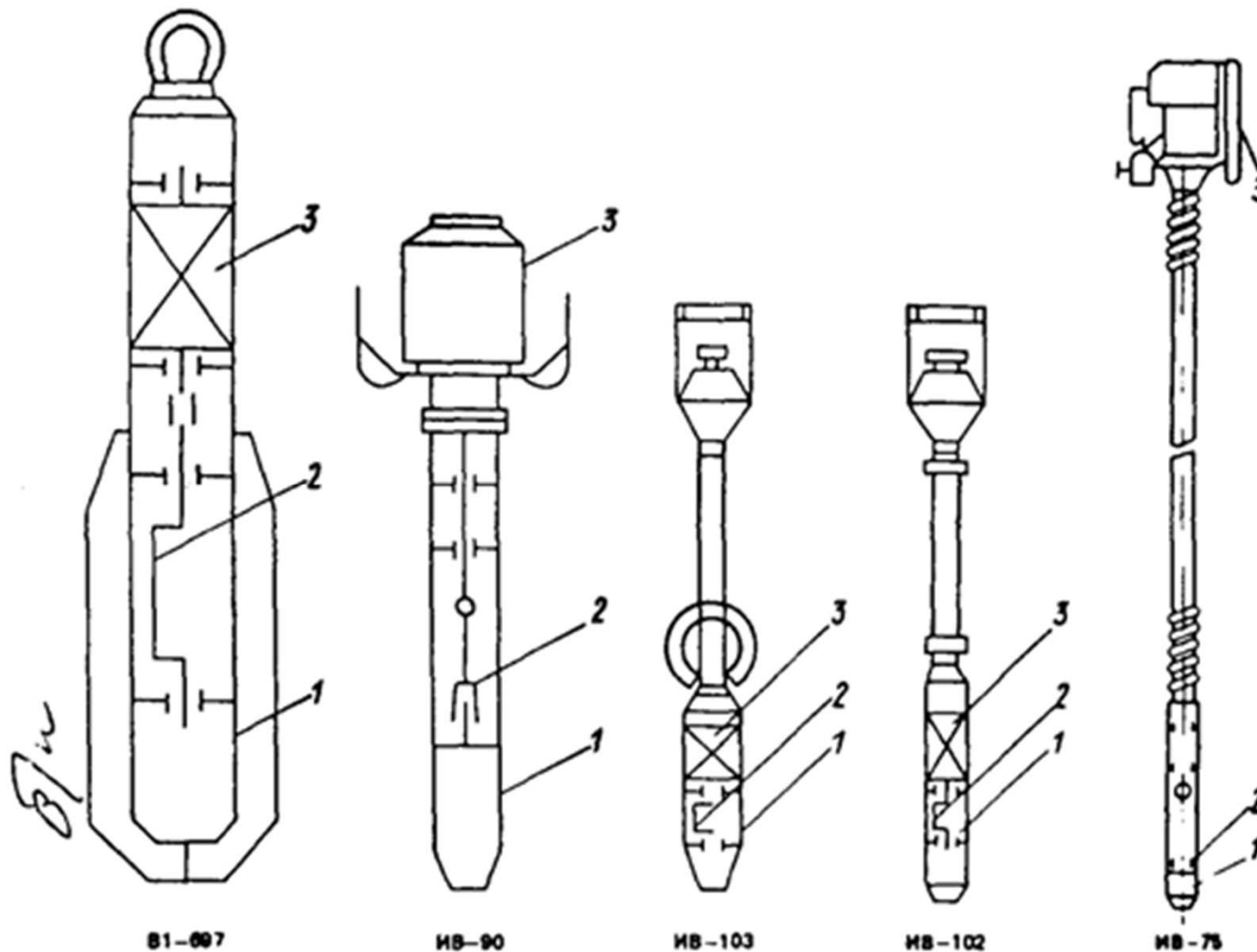
Оборудование для уплотнения бетонных смесей выбирается с учетом:

- марки бетонной смеси по удобоукладываемости,**
- геометрии конструкции,**
- степени армирования.**

Уплотнение бетонной смеси должно обеспечивать требуемую плотность и однородность бетона.

ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

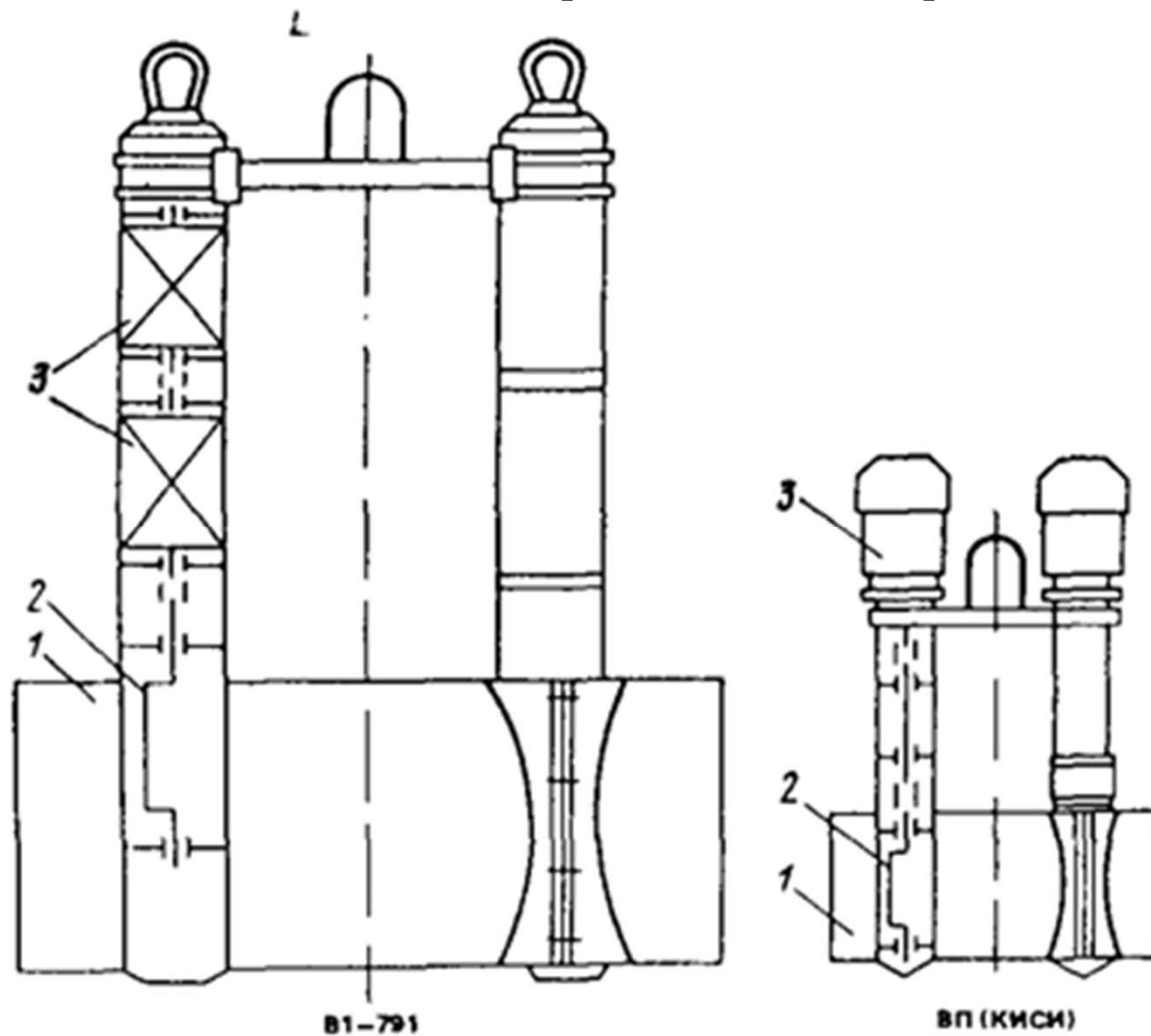
**Ручные глубинные вибромашины
со встроенным и вынесенным двигателем**



1 - корпус; 2 - дебаланс; 3 - электродвигатель

ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Плоскостные глубинные вибромашины с вынесенным и встроенным приводом



1 - корпус; 2 - дебаланс; 3 - электродвигатель

ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Поверхностное виброуплотнение
с помощью виброреек**

Виброрейка ручная

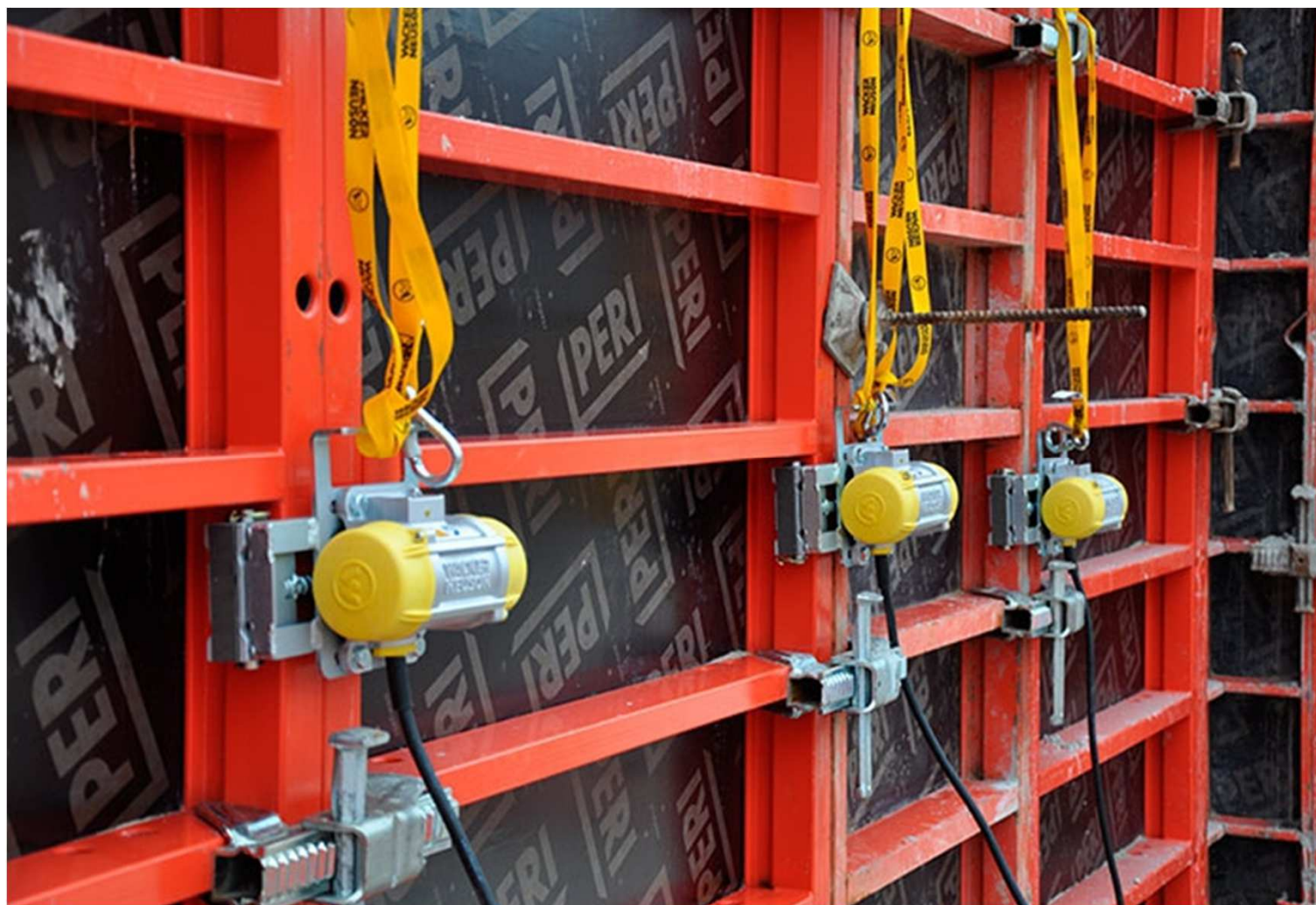


Плавающая ручная виброрейка



ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Контактное виброуплотнение
с помощью навесных вибраторов**



ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

УХОД ЗА УЛОЖЕННЫМ БЕТОНОМ

Уход за твердеющим бетоном должен обеспечить достижение бетоном требуемых показателей качества в проектном возрасте.

Уход разделяют на первичный и последующий.

Первичный уход в жаркую сухую погоду:

Первичный уход должен обеспечивать предотвращение испарения воды из твердеющего бетона.

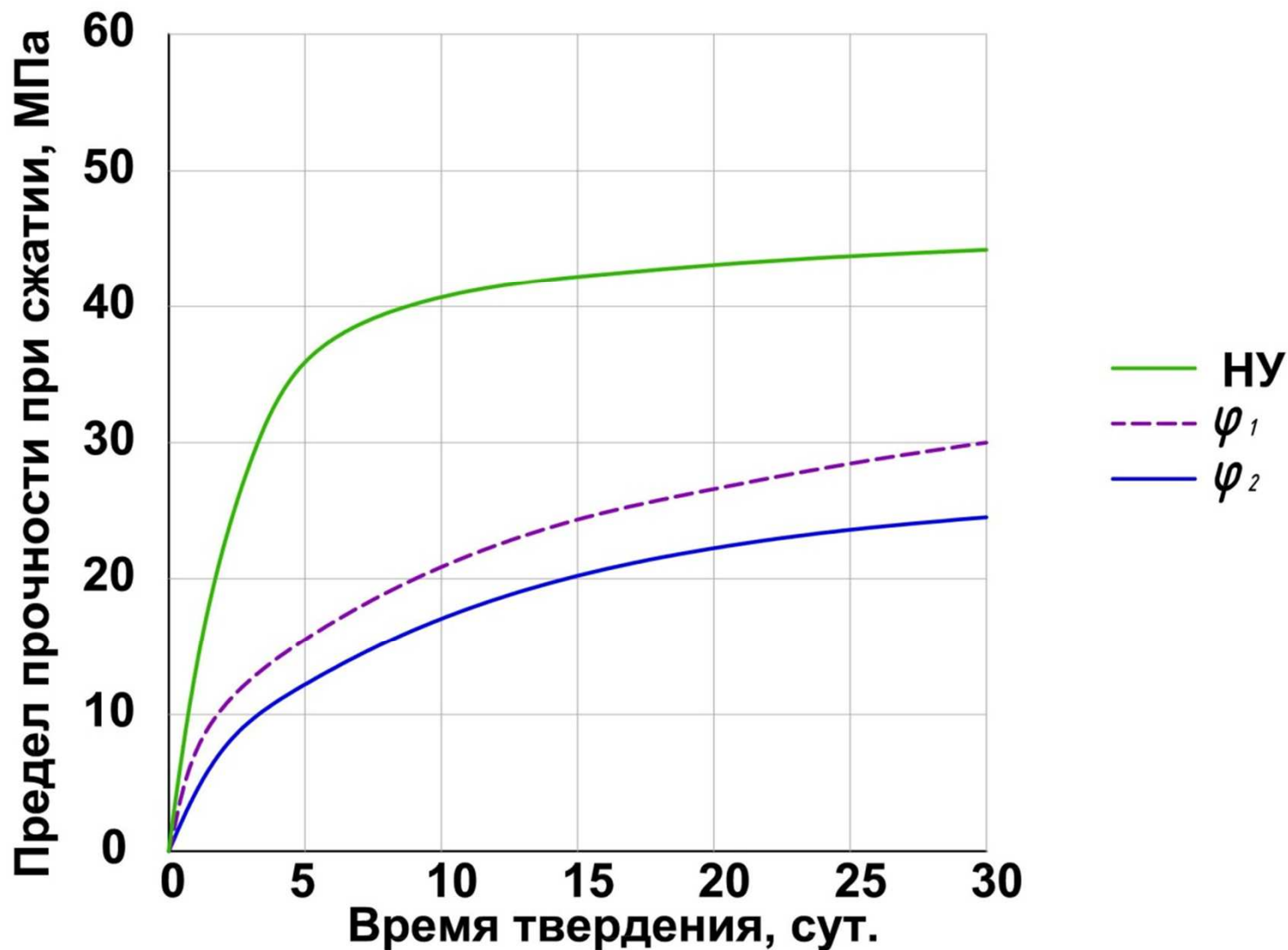
Первичный уход осуществляется посредством укрытия бетонных поверхностей влагонепроницаемыми материалами, либо нанесением на поверхность свежеложенного бетона пленкообразующих покрытий.

Температура бетонной смеси при бетонировании конструкций с модулем поверхности более трех не должна превышать + 35 °С. Температура бетонной смеси для массивных конструкций с модулем поверхности менее трех не должна превышать + 20 °С. Для снижения температуры бетонной смеси следует использовать ледяную воду затворения, заменять часть воды затворения льдом.

Последующий уход должен обеспечить благоприятные температурно-влажностные условия для формирования структуры и свойств твердеющего бетона. Вид и продолжительность последующего ухода должны определяться при разработке ППР.

ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА



УХОД ЗА УЛОЖЕННЫМ БЕТОНОМ

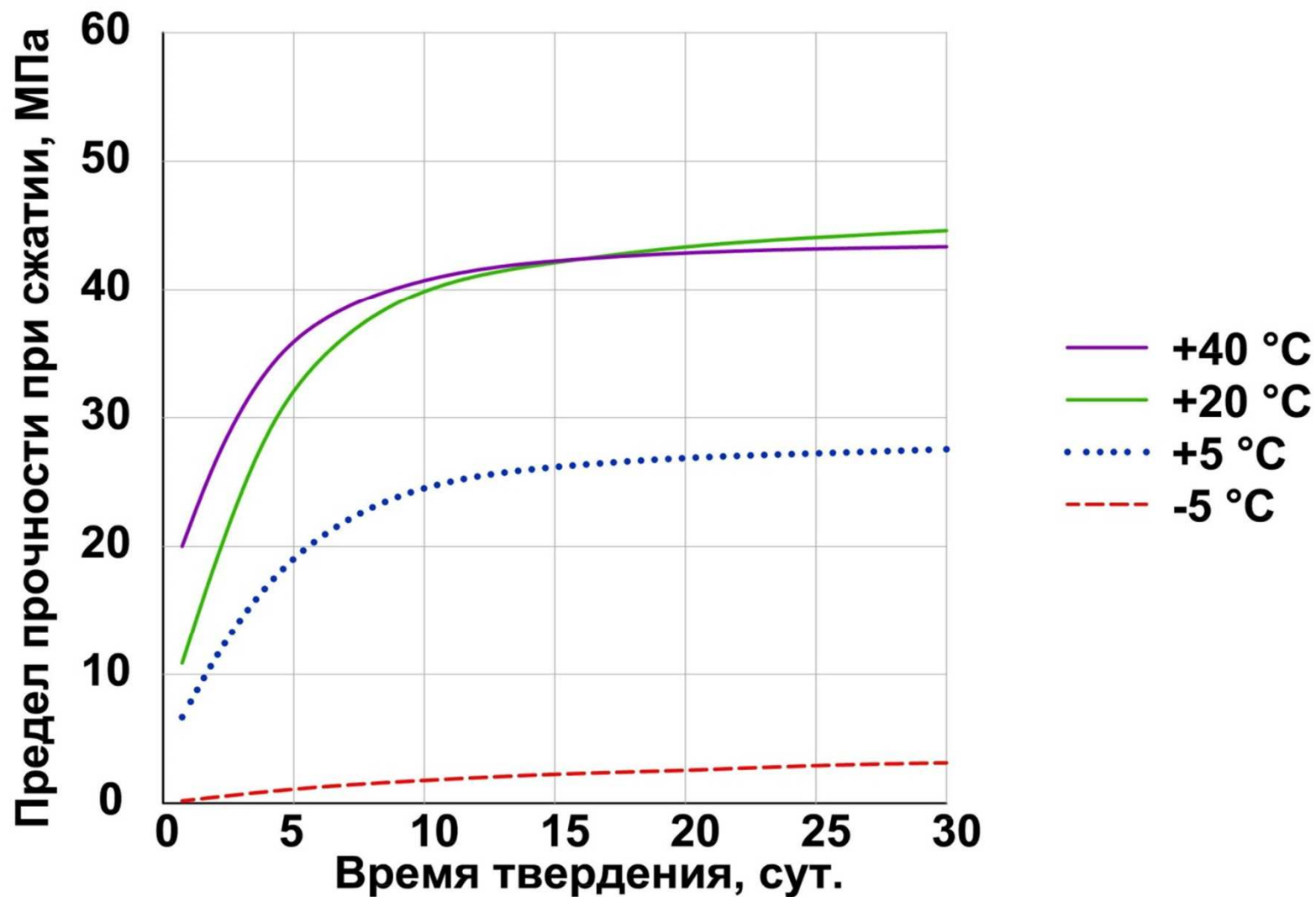
Первичный уход в зимних условиях - предотвращение замерзания бетонной смеси в период транспортирования, укладки и уплотнения, а также предотвращение замерзания свежеложенного бетона до достижения **критической прочности**.

(**Критической** считается **прочность**, по достижении которой бетон при последующем твердении может подвергаться замораживанию без снижения показателей его назначения).

Применяемые методы зимнего бетонирования должны обеспечивать достижение бетоном критической прочности к требуемому сроку. При отсутствии данных о значении критической прочности в проектной документации значение критической прочности бетона несущих конструкций следует принимать **не менее 70 % от проектной прочности**.

ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ТВЕРДЕНИЯ НА СКОРОСТЬ НАБОРА ПРОЧНОСТИ БЕТОНА



МЕТОДЫ УСКОРЕНИЯ ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА ПРИ МОНОЛИТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

Экономически эффективные темпы строительства в зимний период (2 - 3 этажа в месяц) достигаются, если сроки выдерживания бетона в опалубке до достижения прочности, равной 60 – 80 % от проектной, составляют 2 - 5 суток.

Такая скорость набора прочности бетона возможна при твердении его в условиях "расширенного" термоса с подогревом бетона до плюс 20 - 30 °С.

Технология зимнего бетонирования базируется на применении различных методов прогрева бетона с его последующим выдерживанием до достижения нормативных значений **критической и распалубочной прочности.**

При этом достигается возможность:

- сократить сроки строительства в 5 - 10 раз;**
- эффективно использовать трудовые ресурсы и оборудование, в частности, опалубку;**
- исключить замерзание бетона в раннем возрасте и гарантировать требуемое качество возводимых конструкций в проектном возрасте.**

**Выбор метода прогрева бетона
монолитных конструкций осуществляется с
учетом:**

- вида конструкций,**
- масштабов строительного объекта,**
- энергоемкости и надежности метода,**
- трудовых затрат,**
- капитальных вложений.**

Методы прогрева монолитных ЖБК

1 Стен, колонн, фундаментных плит	
1.1	Электрообогрев конвективный
1.2	Электрообогрев греющим проводом
1.3	Электрообогрев в греющей опалубке
1.4	Электроразогрев бетонной смеси
1.5	Пароразогрев бетонной смеси
2 Методы прогрева перекрытий	
2.1	Прогрев с применением дизельных теплогенераторов
2.2	Электропрогрев греющим проводом
2.3	Электропрогрев электродный

ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Методы конвективного обогрева с внешним подводом тепла в искусственно созданном тепляке, являются универсальными, т. е. применимыми для любых ЖБК независимо от метода бетонирования, способа армирования и вида опалубки.



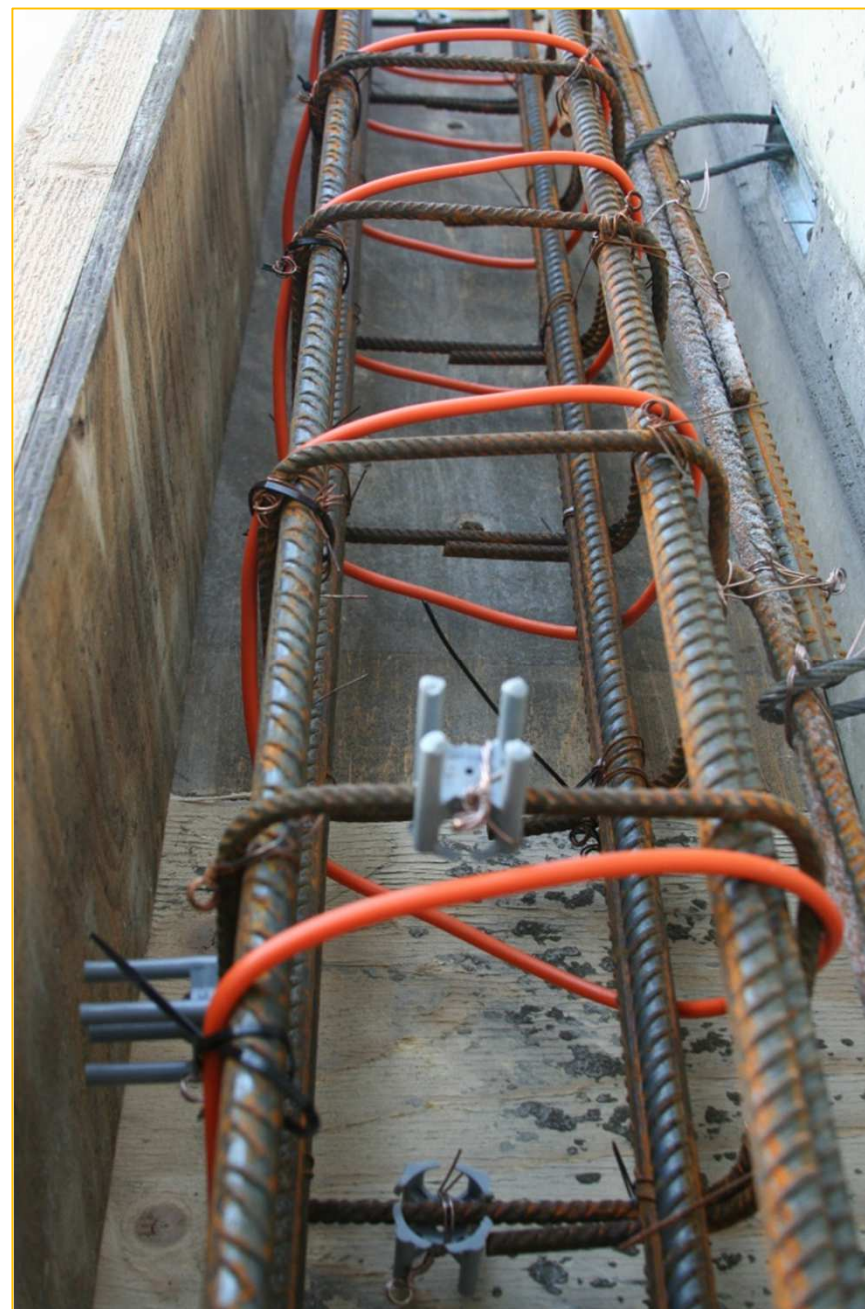
ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Электропрогрев бетона греющим проводом осуществляется специальным проводом со стальной жилой, укладываемым в конструкцию до ее бетонирования.

Тип провода - ПНСВ 1,2 или ПНСВ 1,4.

Длительность выдержки ЖБК: 2 - 3 суток.

**Дополнительное оборудование:
трансформатор,
магистральные кабели,
средства тепловой защиты.**



ЛЕКЦИЯ 8: БЕТОНИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Прогрев конструкций в греющей опалубке наиболее эффективный, так как реализуется с помощью опалубки, являющейся одновременно генератором тепла и тепловой защитой





СТРОЙ-СВОИМ