

# ПЕРСПЕКТИВЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

# Направления развития

- Совершенствование норм
- Совершенствование методов расчета
- Внедрение эффективных конструктивных форм
- Развитие бетона и арматуры

# Развитие норм

- Совершенствование теоретической и экспериментальной базы;
- Развитие метода предельных состояний (уточнение прочности, нагрузок, расчетных коэффициентов);
- Внедрение вероятностных методов расчета СК и методов теории надежности СК

# Недостатки метода пределельных состояний

- Оперирует с фиксированными числами, хотя все расчетные параметры случайны и переменны во времени;
- Каждый элемент несущей системы и вид ПС рассматриваются независимо, отдельно, а не как части системы;
- Нет возможности учета дефектов и повреждений элементов

# Основные положения теории надежности СК

- Все расчетные параметры (нагрузки, прочность, условия эксплуатации, дефекты и повреждения и пр.) являются случайными величинами или функциями;
- Связи между расчетными параметрами являются стохастическими;
- СК рассматриваются как единая система со множеством подсистем, с зависимыми и независимыми связями;
- Соединения между элементами и конструкциями в зависимости от степени свободы моделируются структурными связями.

# Этапы развития методов расчета и критериев

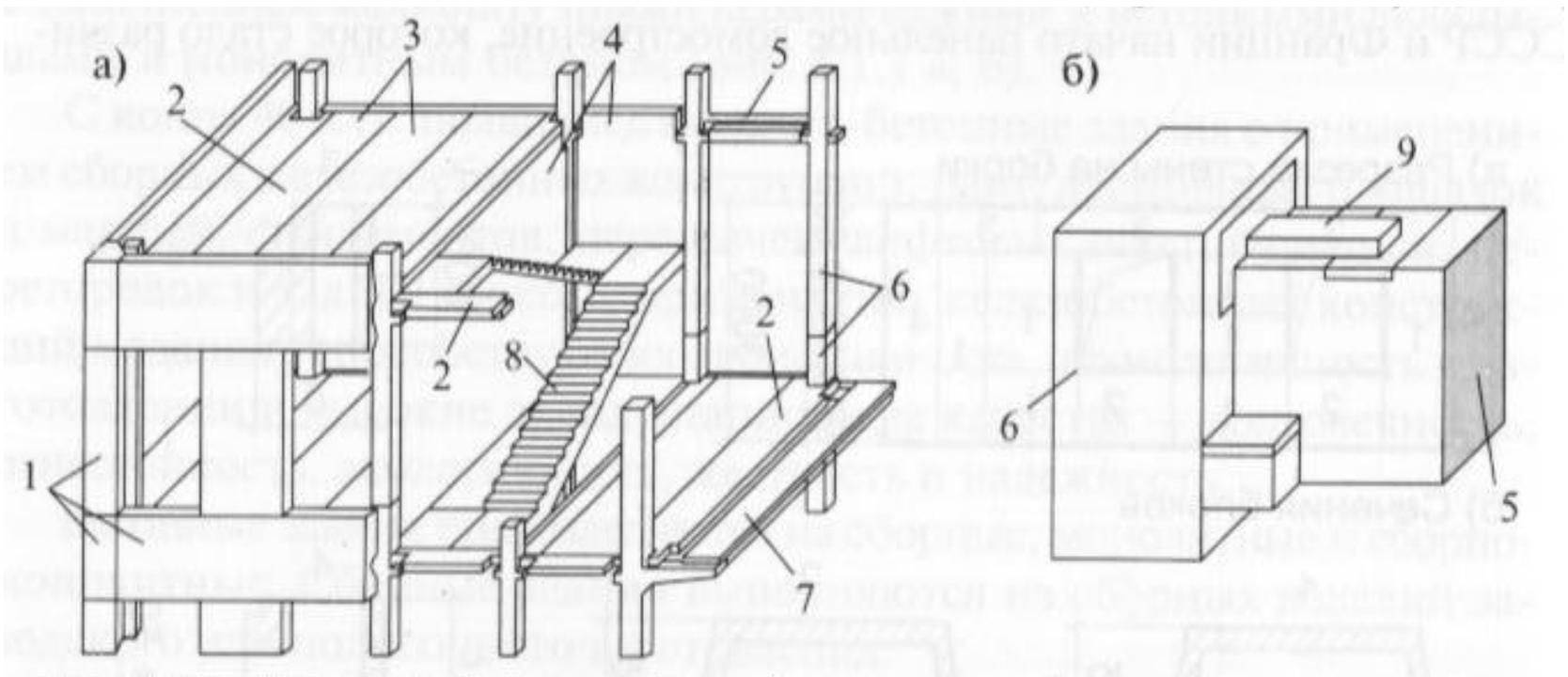
Этап	Годы	Проблема	Виды испытаний	Критерии
V	1990 – 2008	Безопасность и риск	Испытания на разрушение и катастрофы	$P_k, l_k, N_k, \tau_k$ ( $P^3, N^3, \tau^3$ )
IV	1970 – 2008	Живучесть	Испытания на трещиностойкость	$K_{Ic}, K_{Iec}, \delta_c, J_c$ ( $K_I^3, \delta^3, J^3$ )
III	1960 – 2008	Надежность (безотказность)	Комбинированные испытания на безопасность	$v_{\sigma_1}, v_{\sigma_n}, v_{\sigma_{-1}}$ ( $v_{\sigma}^3$ )
II	1940 – 2008	Долговечность (ресурс)	Циклические, длительные испытания	$\sigma_{-1}, N_0, \sigma_{д.п.}, \tau_0$ ( $\sigma_{д.п.}^3, \sigma_a^3 \max$ )
I	1938 – 2008	Прочность, жесткость, устойчивость	Статические, динамические испытания	$\sigma_B, \sigma_T, E, \mu$ ( $\sigma_n^3$ )

# Перспективные конструктивные решения

# Гражданские здания

- Крупнопанельные здания – увеличение шага поперечных стен до 6, 7.2, 9 и 12 м, применение большепролетных пустотных плит; легкие и ячеистые бетоны для стен;
- Каркасно-панельные – развитие серии межвидового применения 1.020 – применение различных типов плит;
- Расширение планировочных решений монолитных зданий;
- Развитие сборно-монолитных систем.

# Московский связевой унифицированный каркас

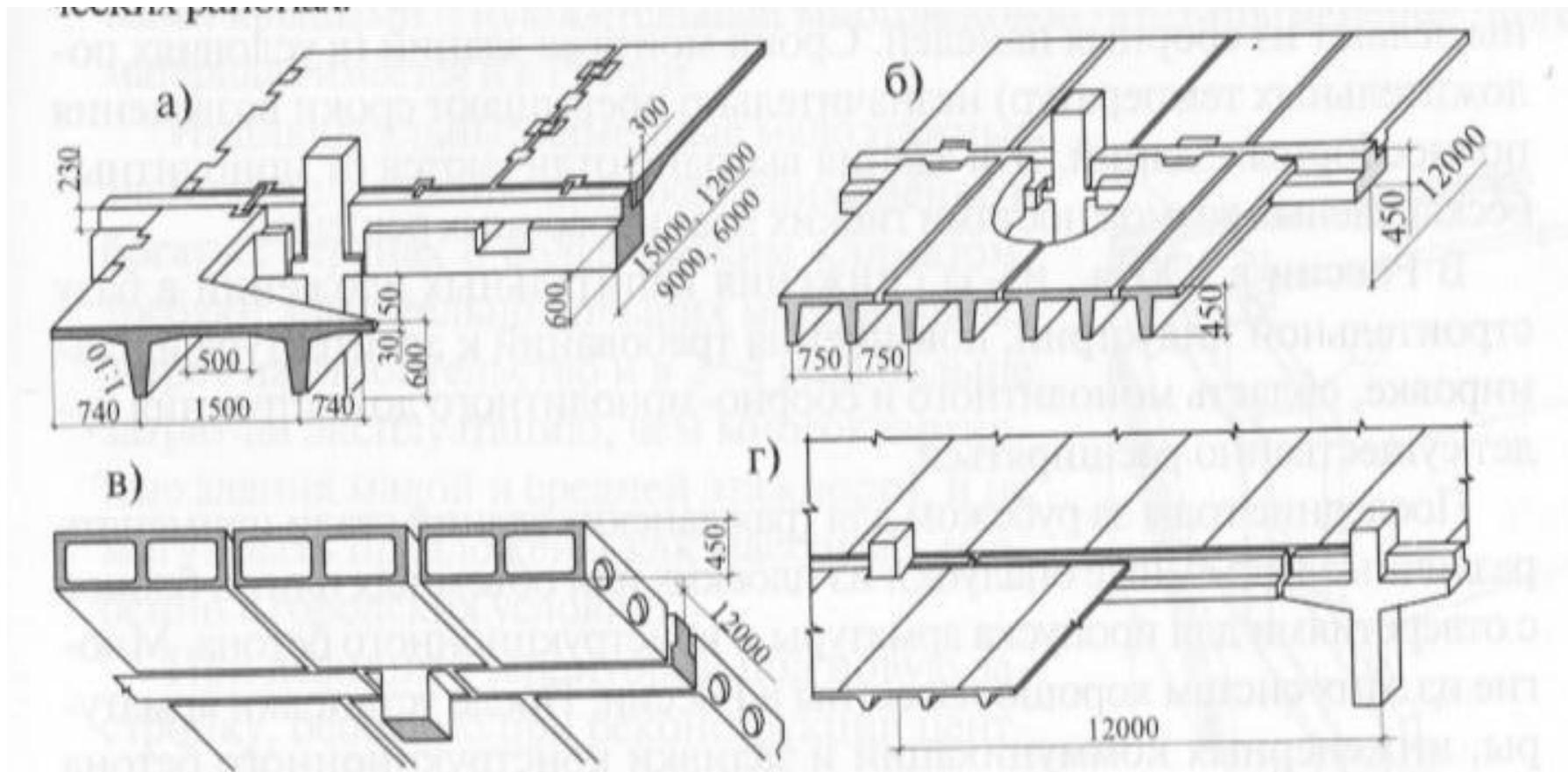


Общий вид

Стык ригеля с колонной

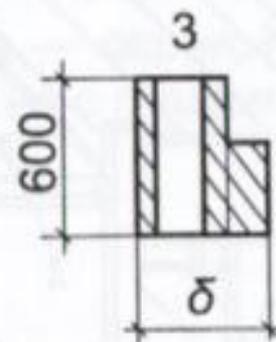
1 – панели наружных стен; 2 – плиты-распорки; 3 – плиты перекрытий; 4 – диафрагмы жесткости; 5 – ригели; 6 – колонны; 7 – плиты лоджии; 8 – лестничные марши; 9 – металлическая накладка (рыбка).

# Фрагменты большепролетных каркасов – варианты серии 1.020-1

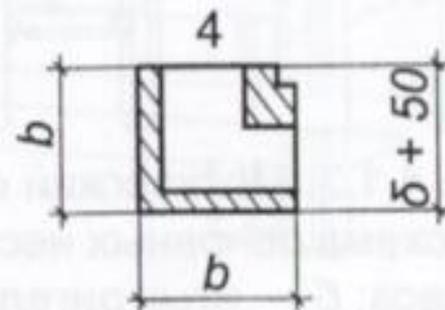
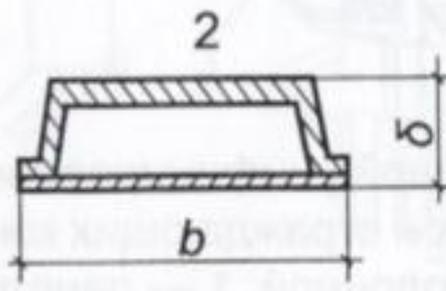
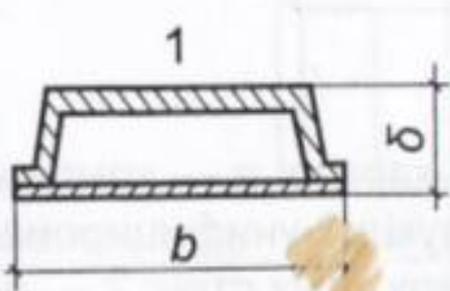


**а** – с плитами 12x3x0,6 м; **б** – с плитами 12x1,5x0,45 м; **в** – с коробчатыми плитами 12x1,5x0,45 м; **г** - с колоннами с колоннами.

а) Разрезка стены на блоки

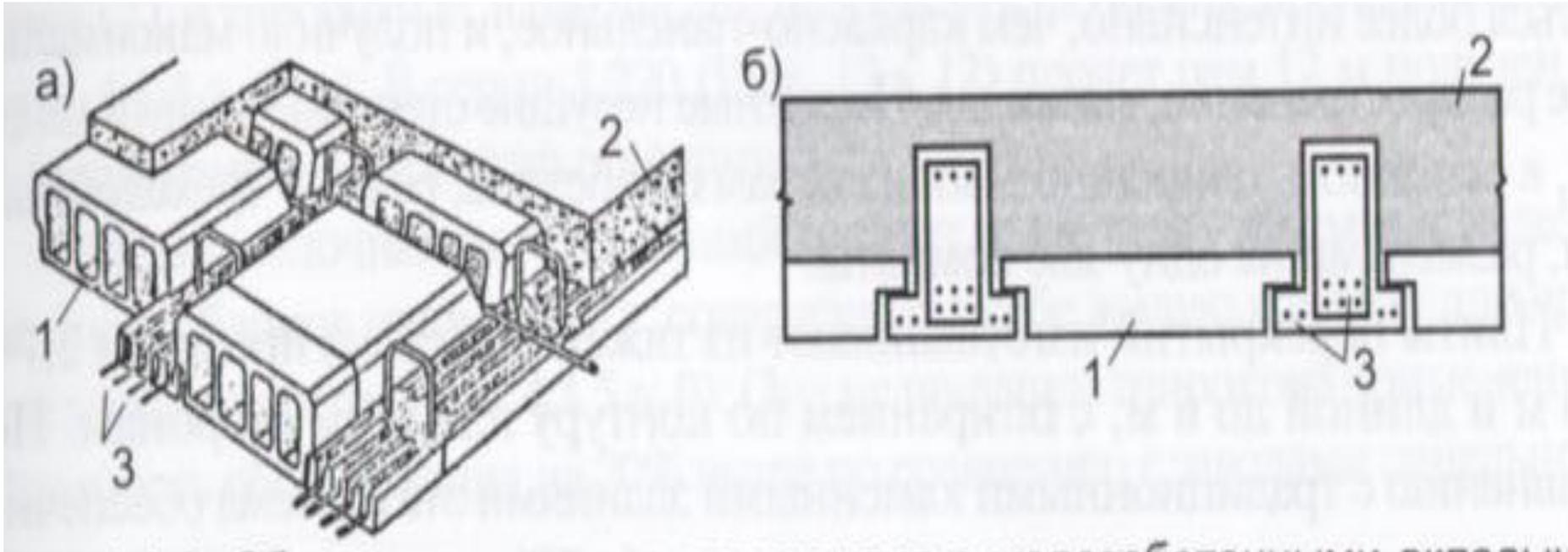


б) Сечения блоков



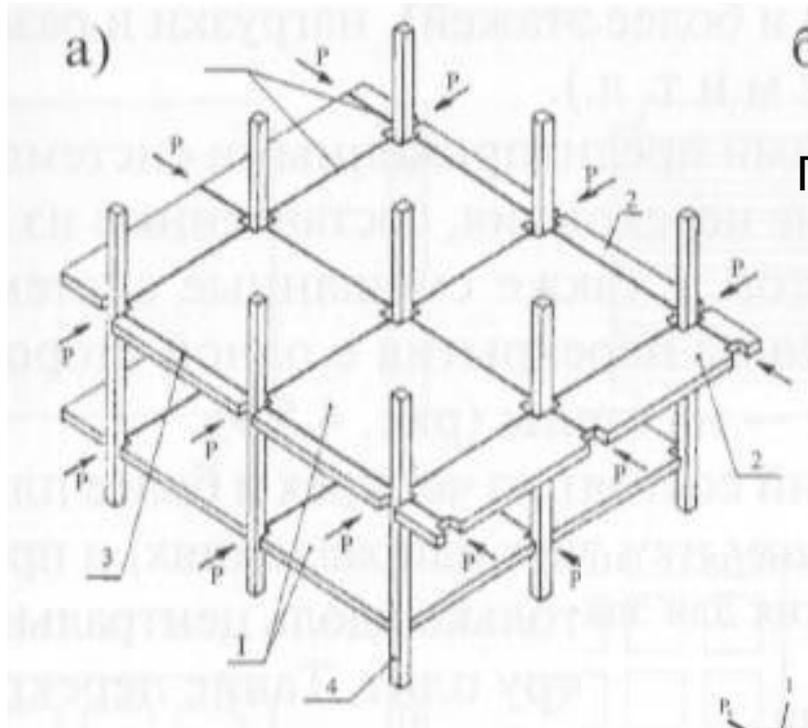
- Стена из крупных трехслойных железобетонных блоков: 1 – простеночные; 2 – подоконные; 3 – перемычечные; 4 – угловые.

Сборно-монолитное перекрытие с арматурой, напрягаемой в построечных условиях (**а**) и сборными преднапряженными балками (**б**)



- 1 – бетонные вкладыши;
- 2 – монолитный бетон;
- 3 – напрягаемая арматура

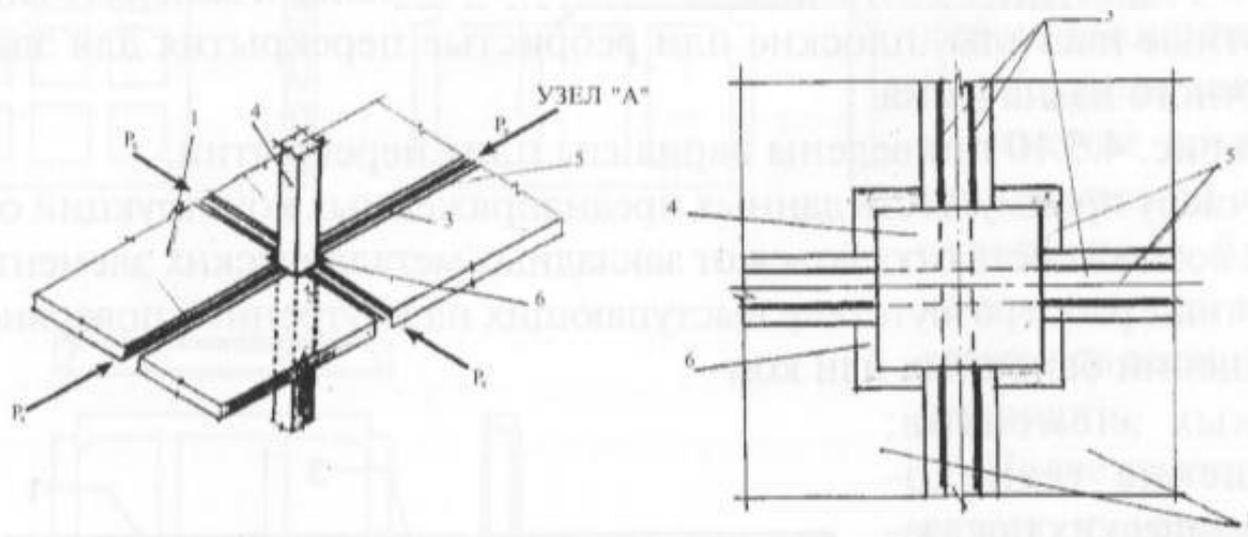
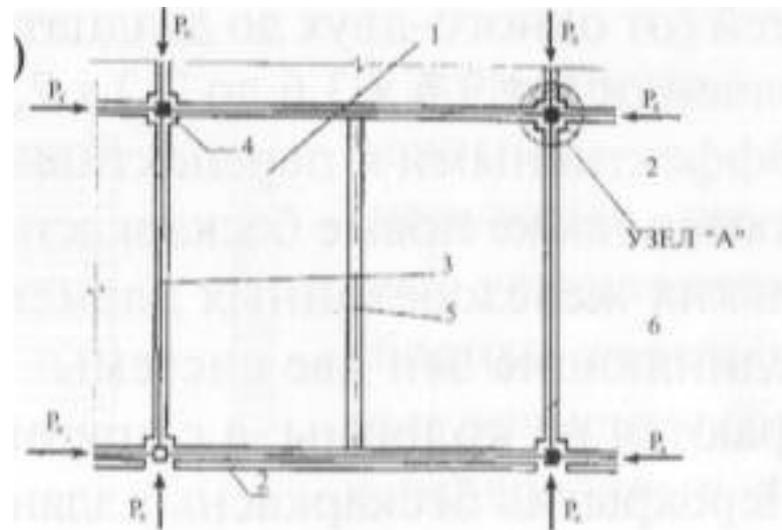
# Каркасная система с натяжением арматуры в построечных условиях



Общий вид

- 1 – плита;
- 2 – бортовой элемент;
- 3 – преднапряженная арматура

План



# Панельный дом со сборно-монолитными перекрытиями и с внутренними стенами в виде пилонов

Схема расстановки несущих элементов этажа

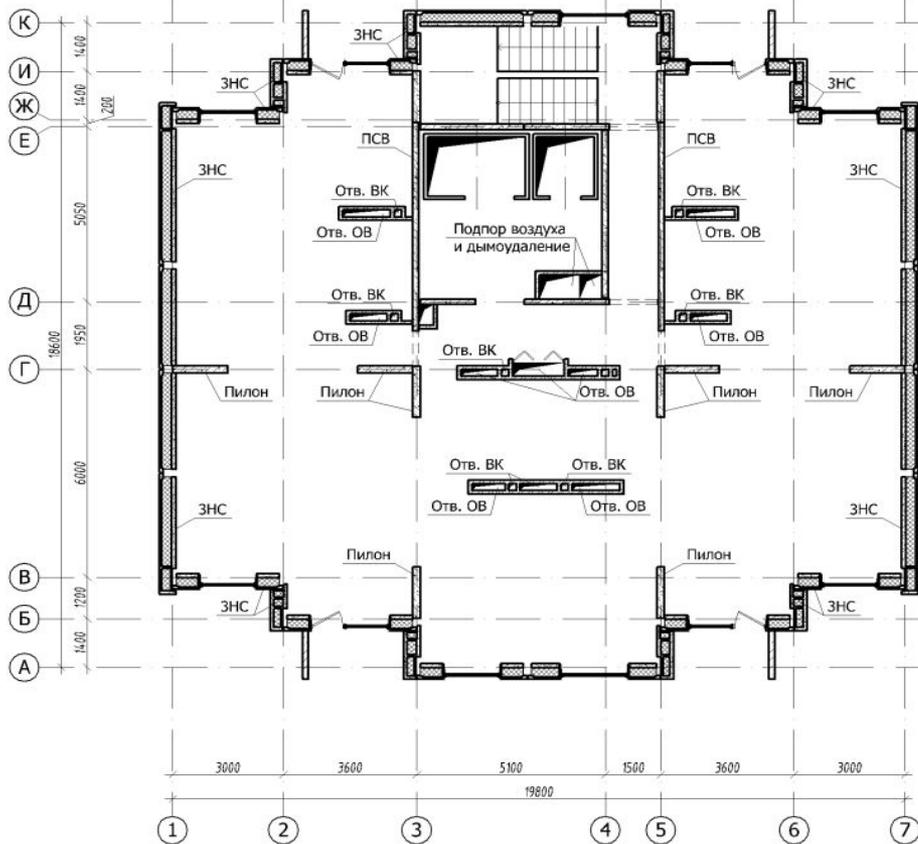
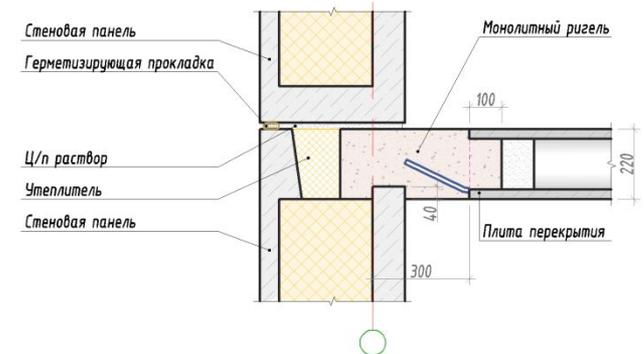
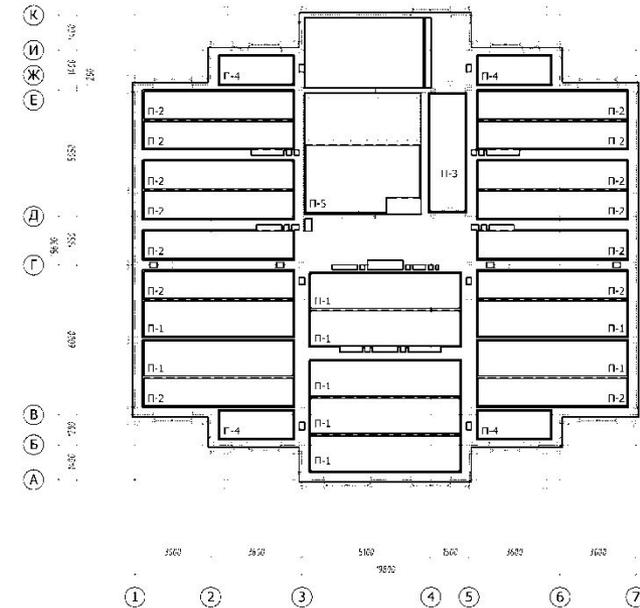


Схема раскладки плит перекрытия



# Промышленные здания

- Уточнение работы узлов и сопряжений;
- Учет совместной пространственной работы несущих и ограждающих конструкций;
- Расширение области применения связевых систем
- Внедрение монолитного железобетона

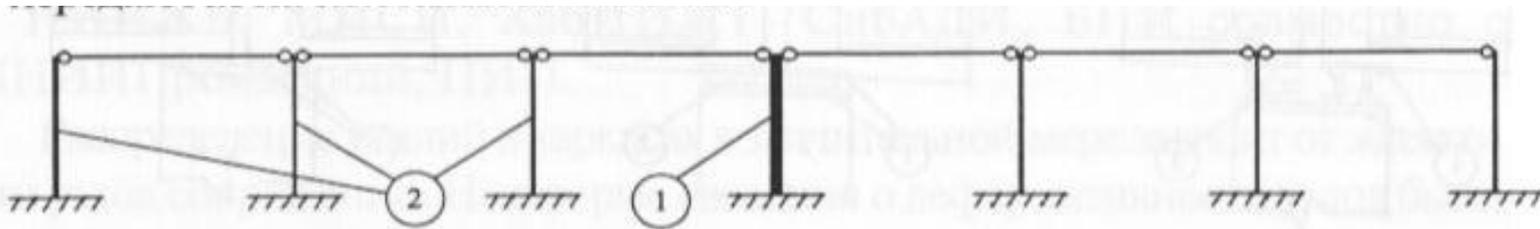


Рис. 4.2.4. Схема связевого каркаса: 1 — элемент жесткости; 2 — рядовые колонны

# Рациональные области применения монолитного железобетона в производственных зданиях

- Фундаменты под колонны и оборудование
- Несущие конструкции зданий с сеткой колонн 6x6 м и 6x12 м при  $v \geq 30$  кН/м<sup>2</sup>;
- Безбалочные каркасы при  $v \geq 25$  кН/м<sup>2</sup>;
- Здания горнорудной, угольной, цементной промышленности;
- Стволы жесткости сборно-монолитных многоэтажных зданий;
- Подземные конструкции (подвалы, тоннели и др.).

# Развитие бетона и арматуры

- Усовершенствование бетонов на плотных заполнителях (тяжелые бетоны);
- Широкое использование легких бетонов;
- Внедрение:
  - бетонов на расширяющих вяжущих;
  - фибробетонов;
  - полимербетонов;
  - специальных бетонов;
  - эффективной стальной арматуры;
  - неметаллической арматуры.

# Ситуация бетона в России

- В России 75...80 % конструкций и изделий изготавливается из тяжелого бетона, в том числе мелкозернистого.
- 20...25 % приходится на легкий и ячеистый бетон.
- В сборном домостроении применяется в основном бетон классов по прочности В15...В22,5 (83%), на классы В30 и выше приходится менее 15%.
- В монолитном домостроении применяется в основном бетон низких классов В7,5...В15 (63%), средних классов В20...В22,5 (33%), на бетон класса В30 и выше приходится 4%.

# Пути усовершенствования бетонов на плотных заполнителях (тяжелых бетонов)

- внедрение вместо «классического» бетона, **многокомпонентного бетона** за счет применения **полифункциональных модификаторов (ПФМ)**, в том числе химдобавок с минеральными добавками (техногенные – зола, шлаки, микрокремнезем и др.) до 100%;
- снижение расхода цемента при обеспечении однородности бетона (коэффициент вариации  $v \leq 13,5\%$ );
- совершенствование технологии производства – максимальная активация вяжущего (повышение тонкости помола, повторное вибрирование, отдельная технология перемешивания, мокрый домол и т. д.), ускорение твердения бетона, применение средств автоматизации и компьютеризации;
- повышение долговечности бетона за счет повышения морозостойкости (F) и водонепроницаемости (W), назначения их дифференцированно в зависимости от условий эксплуатации;
- унификация требований российских стандартов с международными;

## ***Легкие бетоны***

- В соответствии с ГОСТ 25820 и ГОСТ 25192 – это бетоны марки по средней плотности D2000 и ниже.
- Соотношение легких бетонов:
  - керамзитобетон – 80%;
  - на основе природных пористых заполнителей (туф, лава, пемза и др.) - 8%;
  - на основе искусственных минеральных заполнителей (металлургический шлак, золы и шлаки ТЭС - 7% и органических заполнителей (перлитобетон, вермикулитобетон, полистиролбетон, арболит) - 5%.

# Достоинства легких бетонов по сравнению с тяжелыми бетонами

- морозостойкость выше (до 2 раз),
- лучше водонепроницаемость за счет плотной зоны контакта,
- выше стойкость к агрессивной среде (строят морские суда),
- выше огнестойкость за счет более равномерного распределения плотности и фазового состава – зон контакта плотных и рыхлых компонентов (керамзитобетон выдерживает до 900 °С, шлакопемзобетон – до 1000 °С, тогда как тяжелый бетон – до 300...400 °С).

# Возможности применения легких бетонов

- В НИИЖБ разработаны **ЛБ классов прочности на сжатие В25...В80, высокой морозостойкости (марки F500...F1500) и особенно низкой проницаемости (марки W8...W16).**
- За рубежом в качестве заполнителя для ЛБ широко используются **отходы древесины**. Конструкции и изделия из таких бетонов в виде панелей стен, покрытий и перекрытий, блоков и элементов опалубки применяют в жилищном, общественном, промышленном и сельскохозяйственном строительстве многих стран, в частности материал «**Дюризол**»
- Предложены и подтверждены на всех стадиях работы экспериментальные методы расчета **трехслойных железобетонных конструкций** с наружными слоями из конструкционных ЛБ и ТБ и внутренним слоем из теплоизоляционного ЛБ. Установлено, что вплоть до разрушения слои работают совместно как в изгибаемых, так и в сжатых элементах при нагружении одного из слоев.

# Бетоны на расширяющих вяжущих

- Расширяющие цементы (РЦ) - вяжущие, увеличивающиеся в объеме в процессе твердения –
- Бетоны на РЦ делятся на две группы:
  - самоупроченные бетоны;
  - бетоны с компенсированной усадкой.
- Наиболее распространенным представителем РЦ в России является напругающий цемент (НЦ).
- В настоящее время для нужд строительства получается самоупрочение до 3 МПа. Расширяющая сила РЦ достигает такой силы, что их применяют для разрушения горных пород (невзрывчатые разрушающие вещества – НРВ).

## Достоинства бетонов на РЦ:

- повышенное сопротивление растяжению;
- лучшая трещиностойкость;
- морозостойкость,
- водонепроницаемость
- коррозионная стойкость.

Это объясняется помимо внутреннего объемного обжатия, также и особенностью химико-минералогического состава цемента, который в затвердевшем состоянии имеет фиброобразную структуру.

# Фибробетоны

Бетоны, армированные фибрами,  
равномерно распределенными по  
объему

# Достоинства по сравнению с обычным бетоном

Имеют в несколько раз большую:

- прочность на растяжение и срез (до 15...20 раз);
- ударную прочность;
- трещиностойкость;
- морозостойкость;
- водонепроницаемость;
- сопротивление кавитации;
- усталостную прочность;
- жаропрочность;
- жаростойкость;
- вязкость разрушения.

# Виды фибры дисперсной арматуры:

- Стальная;
- Стеклянная;
- Базальтовая;
- Углеродная;
- Синтетические и другие волокна.

Наибольшее распространение получили сталефибробетон и стеклофибробетон.

# Применения в конструкциях

Рекомендуются в конструкциях, работающих:

- преимущественно на ударные нагрузки, истирание, продавливание и атмосферные воздействия;
- на сжатие при небольших (случайных) эксцентриситетах приложения продольной силы;
- на изгиб при соблюдении условий, исключающих их хрупкое разрушение в конструкциях с экономической ответственностью;

# Требования к материалам фибробетона

- размер зерен крупного заполнителя не должен превышать  $1/3$  длины фибры
- соотношение крупного и мелкого заполнителей должно быть ниже, чем для обычного бетона и составлять  $0,4 \dots 0,8$ .
- стеклофибробетон изготавливается только на мелкозернистом бетоне.
- минимальное и максимальное объемное содержание фибры должно составлять для сталефибробетона –  $0,5 \dots 2,0$  %; стеклофибробетона –  $1,2 \dots 4,0$  %.
- фибра имеет различное поперечное сечение (круглое, прямоугольное и др.), с размерами от  $0,2$  до  $1,6$  мм, и длину от  $5$  до  $160$  мм. Прочность на растяжение  $400 \dots 3000$  МПа. Наибольшее применение получила фибра из проволоки диаметром  $0,3 \dots 1,0$  мм и длиной  $45 \dots 100d$  ( $d$  – диаметр проволоки).

# Фибра стальная

Для фибрового армирования сталефибробетонных конструкций принимается стальная фибра:

- Фрезерованная из слябов, ТУ 0882-193-46854090;
- Резаная из стального листа ТУ 0991-123-53832025;
- Рубленая из проволоки, ТУ 1211-205-46854090;

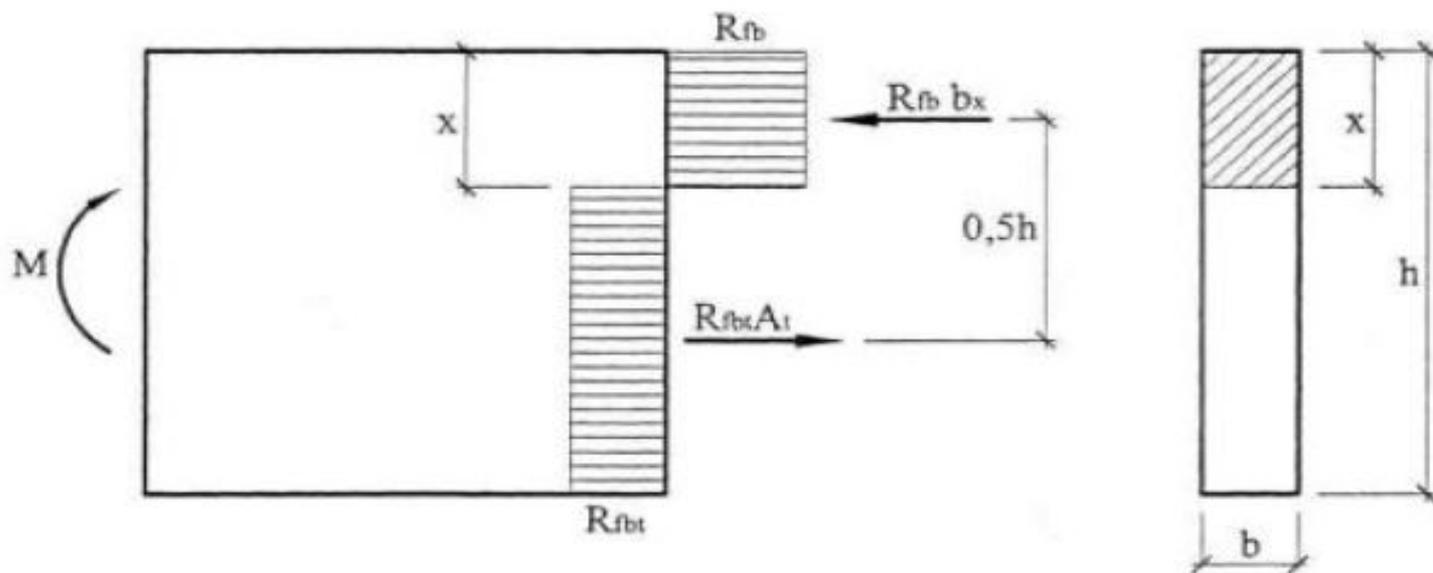
Фибробетонные конструкции в зависимости от их армирования подразделяют на конструкции:

- **с фибровым армированием** – при армировании фибрами, равномерно распределенными по объему бетона всего элемента;
- **с комбинированным армированием** – при армировании фибрами в сочетании со стальной или стеклопластиковой арматурой.

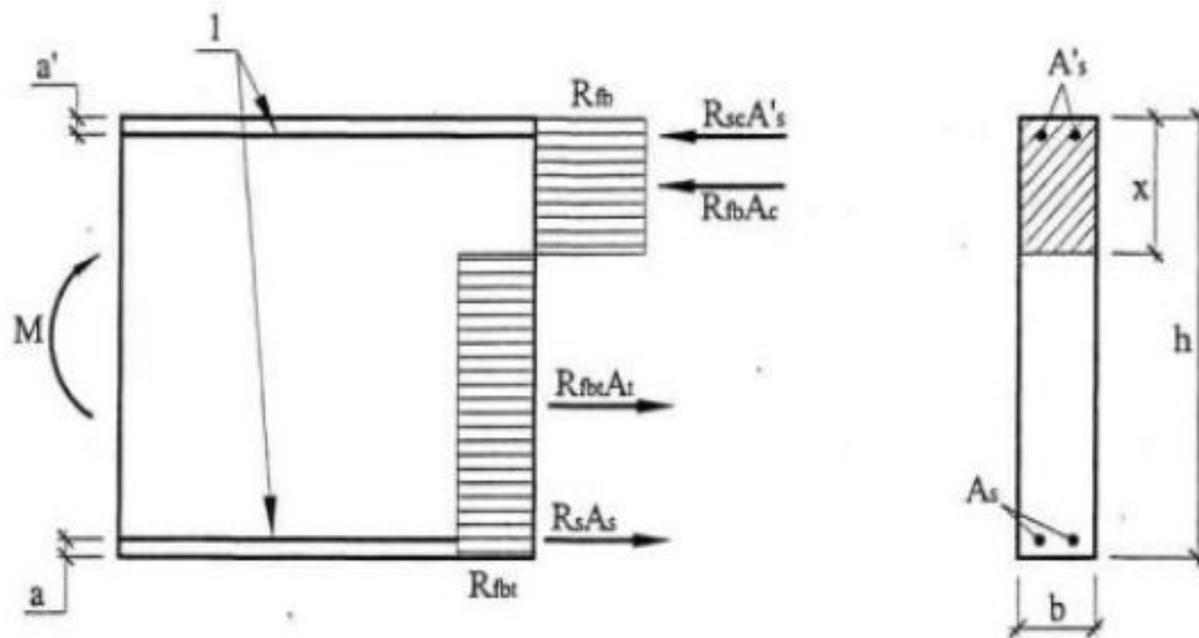
**Несущие фибробетонные элементы, как правило, должны выполняться с комбинированным армированием**

# Схема усилий и эпюры напряжений в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого фибробетонного элемента

$$R_{sc} A_s' + R_{fb} b x = R_{fbt} b (h - x) + R_s A_s$$



# Схема усилий и эпюры напряжений в сечении, нормальном к продольной оси изгибаемого фибробетонного элемента с комбинированным армированием



# Полимербетоны

Полимербетоны делятся на три основные группы:

- бетоны на основе полимерных связующих – **полимербетоны** (ПБ);
- цементные бетоны, модифицированные полимерами – **полимерцементные бетоны** (ПЦБ);
- цементные бетоны, пропитанные мономерами или олигомерами – **бетонополимеры** (БП).

- Композиционно-конструкционные, химически стойкие материалы, рациональной областью применения которых являются сооружения и конструкции, подвергающиеся интенсивному воздействию *агрессивных сред*.
- Сочетают достоинства прочных природных материалов с относительно простыми способами получения конструктивно сложных изделий.
- По многим физико-механическим и эксплуатационным характеристикам превосходят бетоны на минеральных вяжущих.
- Достоинства – высокая плотность, высокая прочность на сжатие, химическая стойкость, диэлектрические свойства.

# Полимерцементные бетоны

- В процессе изготовления в бетонную смесь добавляют водорастворимые полимерные материалы (латексы, водные дисперсии поливинилацетата, водорастворимые эпоксидные, акриловые, кремнийорганические, карбамидные и другие смолы) в количестве от 2-3 до 18-20%.
- Основное назначение – применение в отделочных работах

# Бетонополимеры

- Получают пропиткой цементных бетонов после твердения
- Наибольшее распространение получили бетонополимеры с частичной или поверхностной пропиткой низковязкой быстрополимеризующейся пропиточной композицией обычно на основе метилметакрилата (ММА)
- Эффект – повышает прочность бетона до 2-3 раз, водонепроницаемость до W16-20, морозостойкость до F300-500
- Область применения – ремонт и восстановление поврежденных и разрушенных железобетонных и каменных конструкций, включая кирпичные и из природного камня

# Полимербетоны

## Сущность

- Получают в результате перемешивания и твердения смеси из полимерного связующего, отвердителей, модифицирующих добавок и химически стойких наполнителей различной дисперсности, без участия минеральных вяжущих и воды.
- Полимерное вяжущее – композиция из синтетических мономеров или олигомеров – смолы эпоксидные, фурановые, фенолформальдегидные, полиэфирные, карбамидные, акриловые.
- Иногда армируют стальной или стеклопластиковой арматурой или дисперсной арматурой из нити, волокна, металла, стекла, полимера, горных пород

# Достоинства полимербетонов

- Расход связующего составляет 5-10% общей массы полимербетона, поэтому стоимость по сравнению пластмассами значительно ниже.
- Достоинства :
  - высокая прочность (до 100-190 МПа)
  - низкая усадка
  - высокий модуль упругости
  - широкий диапазон плотности (300-5500 кг/м<sup>3</sup>)
- Области применения:
  - несущие и ответственные конструкции
  - теплоизоляционные слои
  - используются в, агрессивных средах
  - наибольшие перспективы

# Свойства полимербетонов по отношению к обычным бетонам

- Достоинства :
  - высокая прочность на сжатие и растяжение
  - высокая трещиностойкость
  - широкий диапазон плотности (300-5500 кг/м<sup>3</sup>)
  - стойкость к большинству агрессивных сред
  - хорошая адгезионная способность
  - быстрый набор прочности
- Недостатки:
  - Повышенная деформативность при длительных нагрузках
  - Сравнительно низкая теплостойкость
  - Повышенная горючесть
  - токсичность составляющих при производстве
  - Дефицитность и высокая стоимость ряда смол

# **Специальные бетоны**

Получают применяя:

- специальные вяжущие;
- специальные заполнители;
- специальные химические добавки-модификаторы;
- специальное армирование

# Виды

- Особовысокопрочные
- Особовысокоплотные
- Кислотостойкие
- Жаростойкие
- Радиоэкранирующие
- Радиоизолирующие
- Электропроводящие
- и пр.

# Специальные бетоны по виду вяжущего

- *Магнезиальные*
  - достоинства – не требует влажного выдерживания, высокая огнестойкость и низкая теплопроводность, износостойкость, высокая ранняя прочность, стойкость к действию масел,, органических растворителей, биологической коррозии;
  - недостатки – неводостойкость
- Бетоны с *короткими, ранними и регулируемыми сроками схватывания* (30 МПа за 45 минут и менее) на фосфатных цементах и на модифицированных цементах с галогеналюминатами кальция
- *Кислотостойкие бетоны* - на растворимом стекле, заполнители – плотные кварц, базальт или порфир.
- *Серные бетоны* – связующее сера, получаемая из природного газа, имеют большую выносливость

# Особовысокопрочные бетоны

- *Область применения:* суровые условия и длительная эксплуатация (более 100 лет): большепролетные мосты, нефтяные платформы на Севере, скоростные магистрали и пр.
- *Обусловлены* появлением эффективных модификаторов, получением высокопрочных цементов, микрокремнезема, возможностями снижения В/Ц
- *Типовой состав:* портландцемент -400 кг/м<sup>3</sup>; микрокремнезем -133 кг/м<sup>3</sup>; кварцевый песок 0,25-1 мм -141 кг/м<sup>3</sup>; то же, 1-4 мм -566 кг/м<sup>3</sup>; крупный заполнитель -1153 кг/м<sup>3</sup>; нафталиновый суперпластификатор -13,5 кг/м<sup>3</sup>; вода -100 кг/м<sup>3</sup>.
- *Прочность* при разных заполнителях: на граните -125 МПа, на диабазе -168 МПа, на кальцинированном боксита 10 мм -218 МПа, то же, 4 мм -268 МПа.
- *Перспективные цементы-композиты:* MDF – цемент свободный от дефектов; ПРК – цемент с пониженным содержанием пор; РПК – реактивные порошковые композиты

# Особотяжелые бетоны

- Область применения: атомная энергетика – радиозэранирование. Для защиты от  $\alpha$  и  $\beta$  частиц особотяжелые бетоны, от  $\gamma$ -излучений – сверхособотяжелые бетоны  $\rho > 4$  т/м<sup>3</sup> (например на ильмените), от нейтронных источников – гидратные бетоны с повышенным содержанием химически связанной воды.
- Плотность: лимонитовый щебень и песок – 2,3-3,0 т/м<sup>3</sup>; магнетитовый щебень и песок – 2,8-4,0 т/м<sup>3</sup>; баритовый щебень и обычный песок – 3,3-3,6 т/м<sup>3</sup>; чугунный скрап – 3,7-5,0 т/м<sup>3</sup>.

# Высококачественные бетоны

- Срок службы около 500 лет
- Критерии качества:
  - Высокая механическая и ранняя прочность
  - Высокое сопротивление истираемости
  - Низкая проницаемость к воде и химическим ионам
  - Низкая адсорбционная способность
  - Низкий коэффициент диффузии
  - Высокая химическая стойкость
  - Высокий модуль упругости
  - Высокая морозостойкость
  - Стабильность объема
  - Бактерицидность и фунгицидность

# Бетоны на ЦНВ - цементеах низкой водопотребности

- ЦНВ – новое поколение цементов
- Получают по специальной технологии совместным тонким помолом ингредиентов: клинкера или портландцемента и сухого модификатора, при необходимости добавок и гипса.
- УПЗ- удельное потребление заполнителей за счет значительного снижения контурных пор увеличивается до 18-30 раз, что соответствует характеристикам полимербетонов.
- *Достоинства:* значительно повышаются технологичность, качество бетона, отказ от тепловой обработки, проектная прочность достигается за 1 сутки, экономия портландцемента в 1,7-2,4 раза, многовариантность составов и свойств бетона, возможность создания высококачественных, архитектурно выразительных изделий и конструкций с высококачественной декоративной поверхностью

# Перспективные направления развития бетонovedения /ЯПНИИС/:

- создание высокопрочных бетонов с прочностью 60-100 МПа, что соответствует классу по прочности В45-В80;
- разработка специальных морозостойких бетонов, применяемых в гидротехническом и дорожном строительстве на уровне F 600 и выше, обеспечивающих безопасность объектов;
- разработка легких теплоизоляционно-конструкционных бетонов плотностью 500...600 кг/м<sup>3</sup>, прочностью не ниже 2,5 МПа для устройства самонесущих стен для каркасных и малоэтажных зданий;
- разработка технологии производства конструкционного высокопрочного керамзитобетона прочностью 25÷40 МПа для несущих конструкций многоэтажных зданий с целью уменьшения веса здания;
- разработка беспрогревных технологий производства сборных и монолитных железобетонных конструкций, включая производство работ при отрицательных температурах среды;
- создание многокомпонентных тонкомолотых цементов для производства бетонов различного назначения;
- разработка полифункционального комплекса химических добавок на основе ПФМ-НЛК, обеспечивающих твердение бетона при отрицательной температуре ускорения твердения при беспрогревных технологиях;
- разработка технологии производства особолегкого керамзитового гравия или другого заполнителя плотностью 350÷400кг/м<sup>3</sup>

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ, РАЗРАБОТАННЫХ В  
ГУП ЯКУТПНИИС (ДАННЫЕ 1979-1998 ГГ)**

Вид бетона	Область применения	Технические характеристики			
		Класс по прочности	Марка по плотности	Марка по морозостойкости	коэффициент теплопроводности, Вт/м °К
Газокерамзитобетон	Наружные однослойные стеновые панели для жилых домов серии 1-464 ВМ	В 3,5	D1200	F35	0,41
Керамзитобетон	Трехслойные стеновые панели	В12,5	D1600	F100	0,58
Полистиролбетон теплоизоляционный	Монолитная теплоизоляция ограждающих конструкций	В 0,35	D300	-	0,11
Полистиролбетон теплоизоляционноконструкционные	Несущие наружные стены монолитные, стеновые камни	В3,5	D900	F100	0,24
Теплоизоляционный ячеистый бетон неавтоклавного твердения	Теплоизоляция ограждающих конструкции	В 0,35-В0,5	D350- D500	-	0,11-0,24
Ячеистый конструкционно-теплоизоляционный бетон неавтоклавного твердения	Мелкие стеновые блоки	В1 –В2	D700-D900	F35	0,18-0,24
	Несущие наружные стены монолитные	В2,3-В3,5	D1000-D1100	F35	0,26
Ячеистый бетон силикагазобетонный автоклавного твердения на кварцполевошпатовом песке	Стеновые панели, камни для однослойных стен	В2,5	D800	F35	0,21

Арматура для ЖБК

# Ситуация арматуры для ЖБК

- Арматура классов А240 и А300 снимается из производства как неэффективная
- Арматура класса А400 из стали 25Г2С из-за дефицитности и высокой стоимости легирующих присадок выпускается мало, из стали 35ГС имеет ограничения по условиям применения. С 1993 года все европейские страны отказались от применения арматурной стали А400
- Технологический прогресс в области производства стали обусловил постепенный переход на свариваемую арматуру из термомеханически упрочненных сталей СтЗсп и Ст5пс класса А500С и А600С (зарубежные аналоги В500 и В600). Стандарт СТО АСЧМ7-93

# Эффективная стальная арматура

Преимущества арматуры класса А500С перед арматурой класса А400 (А-III):

- высокая пластичность, как в исходном состоянии, так и после сварки (хладостойкость при температурах до -70 град.С выше, чем у стали 10ГТ (А240), поэтому вполне применима и для монтажных петель);
- полное исключение вероятности хрупких разрушений сварных соединений;
- более высокие предел текучести и расчетное сопротивление, позволяющие получать до 20% экономии стали;
- низкая себестоимость (цена арматуры класса А500С не превышает цены арматуры класса А400 из стали 35ГС).

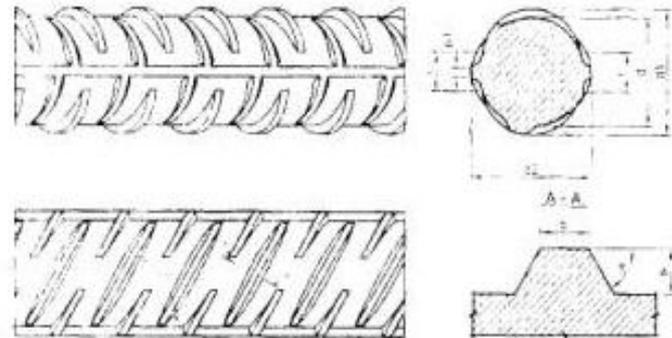
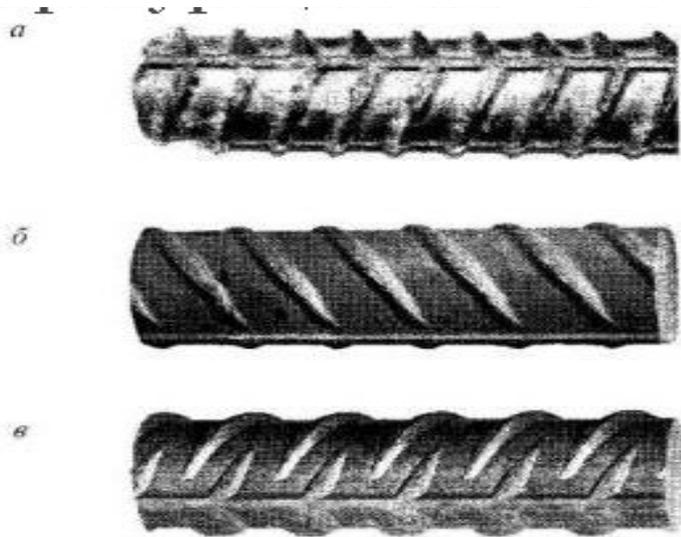
# Эффективная стальная арматура

- Химический состав при микролегировании ванадием:  
C(0,16-0,22); Mn(0,60-0,90); Si(0,50-0,90); V(0,12-0,20),  
 $C_{\text{экв}} = 0,37-0,42\%$ .
- Виды:
  - термомеханически упрочненная ( $d = 6 \dots 25$  мм)
  - термомеханически упрочненная с дополнительным легированием ( $d = 28 \dots 40$  мм)
  - микролегированная ( $d = 10 \dots 40$  мм);
  - холоднодеформированная ( $d = 3 \dots 12$  мм).
- Поставка:
  - в прутках ( $d = 8 \dots 40$  мм);
  - в мотках ( $d = 4 \dots 16$  мм).

# Напрягаемая стержневая арматура

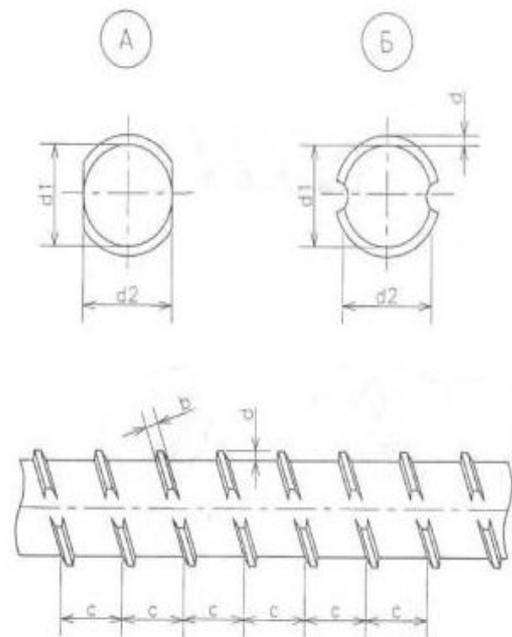
- Достоинства:
  - Прямолинейность
  - Стойкость против коррозии
  - Относительно низкая цена
- Способы производства:
  - Горячекатаная
  - Горячекатаная с упрочняющей вытяжкой
  - Термомеханически упрочненная
- Виды:
  - Несвариваемая (технологичная и дешевая)
  - Свариваемая (более дорогая)
- Классы: А600 (А-IV), А800 (А-V), А1000 (А-VI)

# Профили арматуры

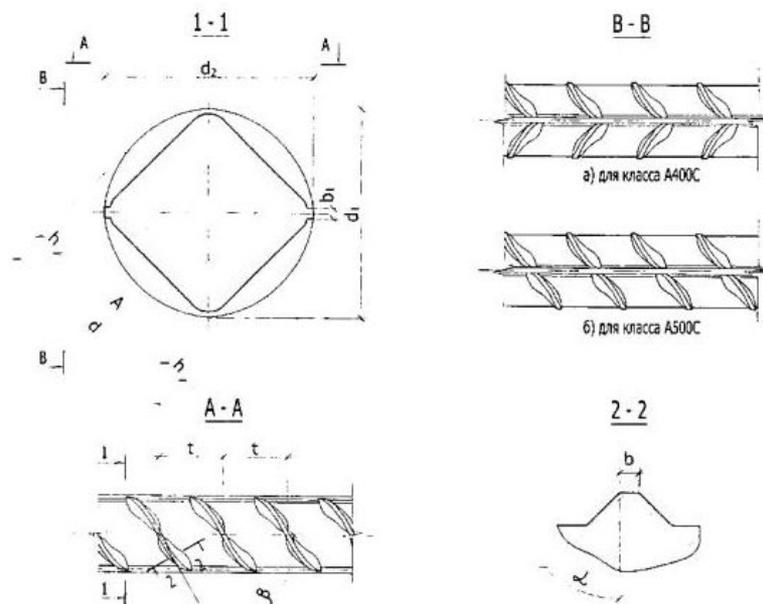


а – кольцевой по ГОСТ5781-82,  $f_R = 0,10$ ;  
б – серповидный двусторонний по  
СТО АСЧМ 7-93,  $f_R = 0,056$ ;  
в – серповидный  
четырёхсторонний по  
ТУ14-1-5526-2006,  $f_R = 0,075$ .

Серповидный четырехсторонний разработан для арматуры А500СП имеет площадь смятия в 1,3-1,4 раза больше, чем двусторонний, более равномерное усилие анкеровки. Сцепление выше, чем у кольцевого

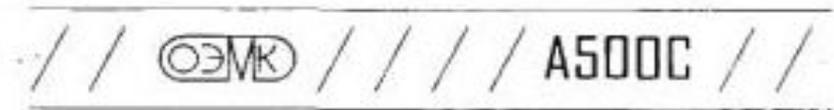


Арматура винтового профиля с правой резьбой: а – с продольными лысками (GEWI-Stahl, Германия); б с продольными желобками (Sumitomo, Япония).

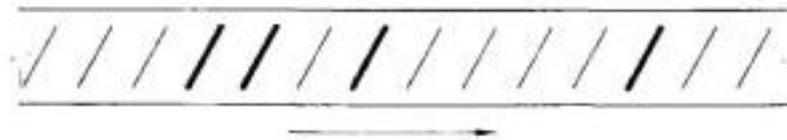


Арматура классов А400 и А500С по ТУ14-1-5501-2004 (РУП «Белорусский МЗ»).

# Маркировка арматуры

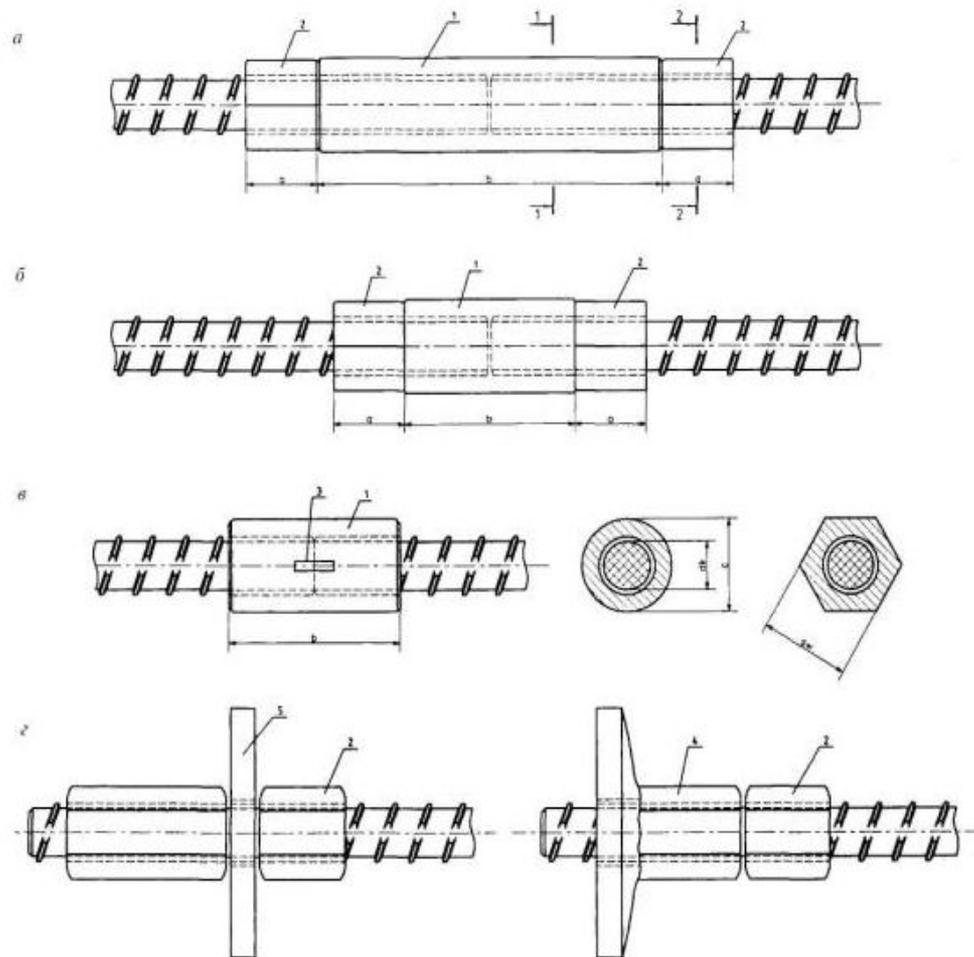


Прокатная маркировка арматуры ОАО «Оскольский ЭМК»

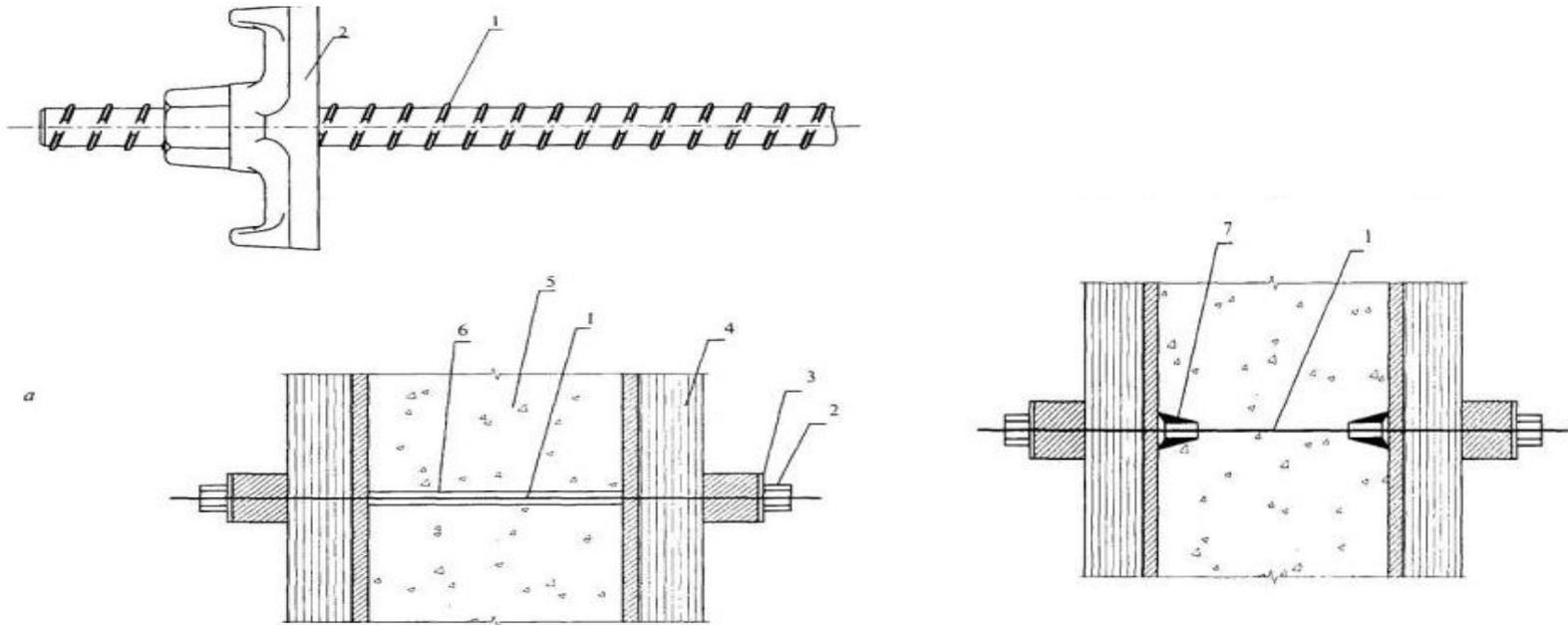


Прокатная маркировка арматуры утолщением ребер  
(предприятие изготовитель №14)

# Основные соединения винтовой арматуры

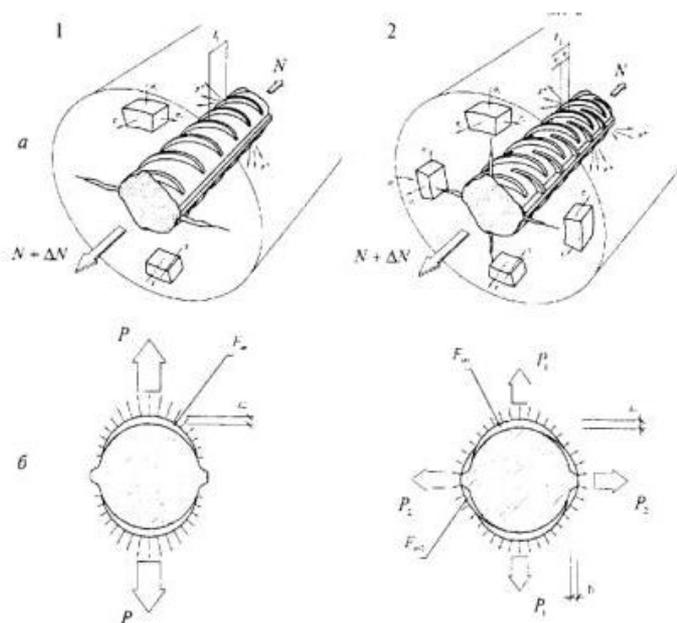


# Использование винтовой арматуры для крепления опалубки:



а – извлекаемый тяж; б – тяж, остающийся в бетоне;  
1 – тяж из винтовой арматуры; 2 – гайка; 3 – подкладка; 4 – конструкция опалубки; 5 – железобетонная стена; 6 – неизвлекаемая пластмассовая трубка; 7 – заглушка.

периметру (поверхности) стержня (рис. 5).



**Рисунок 5 - Схема взаимодействия растянутого арматурного стержня с окружающим бетоном**

1 - европейский профиль (серповидный двухсторонний); 2 - профиль нового типа (серповидный четырехсторонний); а - усилия в бетоне в зоне передачи напряжений с арматуры на бетон и характер трещинообразования в бетоне; б - распределение усилий распора в поперечном сечении

# Неметаллическая арматура

- Области применения:
  - Ответственные сооружения в сильно агрессивных средах при недостаточной стойкости стальной арматуры
  - Необходимость использования антимагнитных, диэлектрических свойств
  - Ограниченные запасы руд для получения стали и легирующих добавок
- Виды: стекловолокно, базальтоволокно, углепластик, арамидные волокна, алюмоборосиликат
- Расчет выполняется по нормам проектирования железобетонных конструкций с введением дополнительных коэффициентов. Используется в конструкциях только в предварительно напряженном виде.

# Характеристики неметаллической арматуры

Показатель	Стекловолокно Россия	Углепластик Япония	Алюмообо- росиликат Германия
Временное сопротивление разрыву $R_u$ , МПа	1500	1750	1650
Модуль упругости, Е, МПа	50 000	140 000	51 000
Плотность , т/м <sup>3</sup>	1,8...2,0	1,5	
Удлинение при разрыве, %	2,5-3,0	1,6	3,3
Долговременная прочность $R_l/R_u$	0,65		0,67
Коэфф. температурного расширения	5,5-6,5(E-6)	0,6E(-6)	0,7E(-6)
Теплостойкость, град С		130-240	
Релаксация напряжений, %		2,5	3,2

# Монолитный железобетон

- Применение на 1 человека
  - США – **0,75** куб.м; Япония – **1,2** куб.м; Германия – **0,80** куб.м; Франция – **0,50** куб.м; Италия – **1,1** куб.м; Израиль – **2,0** куб.м; **Россия – 0,15** (надземная часть зданий – 25-30%).
- Преимущества монолитного железобетона

Снижение единовременных затрат на создание производственной базы	20-30%
Уменьшение расхода стали	10-15%
Снижение энергоемкости	До 30%
Снижение трудовых затрат по сравнению с кирпичными	25%

# Проблемы железобетона

- **Экология** – снижение энергетической нагрузки на производство, безотходное производство, исключение вредных примесей, повышение долговечности материалов
- **Высокое качество** – разработка нового поколения нормативных документов, создание системы управления качеством, создание надежных приборов
- **Архитектурная выразительность** – удачное формообразование сооружений, использование цветных бетонов, рельефной поверхности бетона, водостойких красок.

# Утеплитель

- Пенополистирол – через 5 лет сопротивление теплопередаче снижается до 50%;
- Базальтовые волокна – через 20 лет не обеспечивают расчетные характеристики, после пропарочных камер сопротивление теплопередаче снижается до 50-60%

# Наружные стены

- Вентилируемые фасады – срок службы 15-25 лет, надежность
- Коэффициент паропроницаемости:
  - Кирпич 0,12;
  - Пенополистирол – 0,03;
  - Минвата – 0,55;
  - Газосиликат – 0,15

# Проблемы связанные с использованием вентилируемых фасадных систем.

- В связи с переходом на повышенный уровень требований по энергосбережению толщина утеплителя П125 должна составлять примерно 200 мм. В этих условиях остается под вопросом надежность закрепления кронштейнов в стене, особенно при применении плит с большой плотностью.
- Имеется вопрос с назначением минимально допустимой толщины вентилируемой воздушной прослойки. В различных рекомендациях приводится толщина в пределах 30-150 мм.
- Одним из важных вопросов в фасадных конструкциях зданий является различная долговечность применяемых материалов. Особое опасение вызывает долговечность теплоизоляционного слоя при циклических температурных воздействиях, характерных для условий Якутии.
- В качестве теплоизоляционного слоя в вентилируемых фасадах используются минераловатные плиты различной плотности. Эти материалы благодаря волокнистой структуре способны фильтровать потоки воздуха, что может стать причиной ухудшения теплозащитных качеств вентилируемых фасадов.

# Дефекты в вентилируемых фасадных системах.



*Рис.1. Фасадная панель  
здания школы №17.*



*Рис.2. Утеплитель  
примененный в жилом доме по  
адресу Б-Марлинского 1/2.*



*Рис.3. Утеплитель  
примененный зданию  
КФЕН.*

# Тепловизионная съемка здания школы №17 г.Якутска.

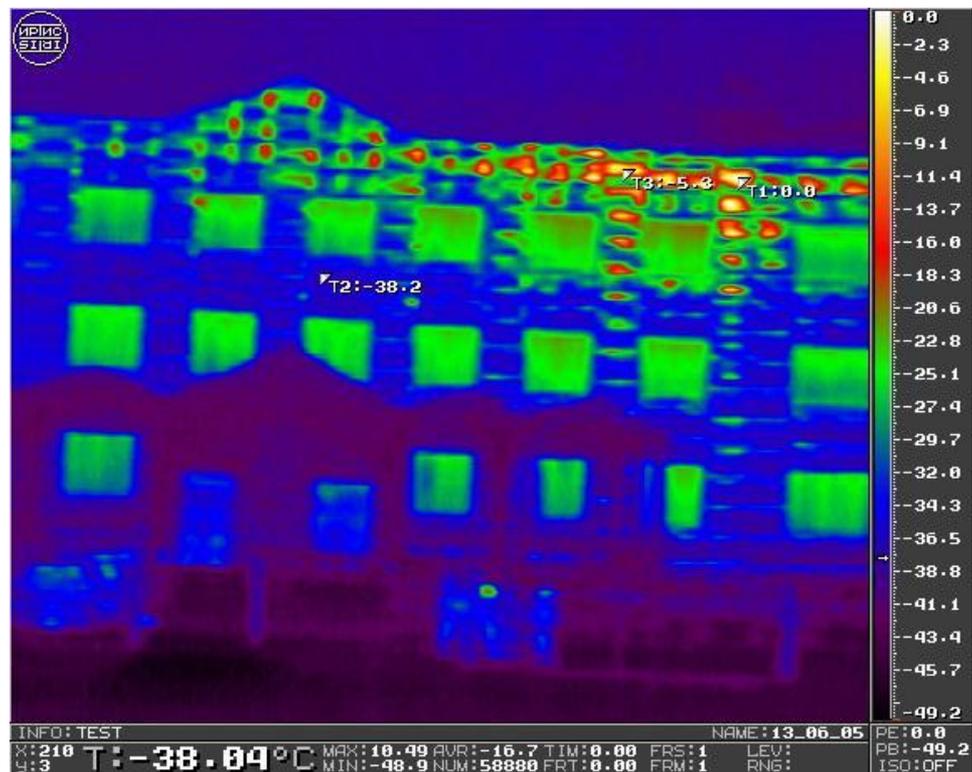


Рис. 13

# Тепловизионная съемка корпуса гуманитарных факультетов ЯГУ.

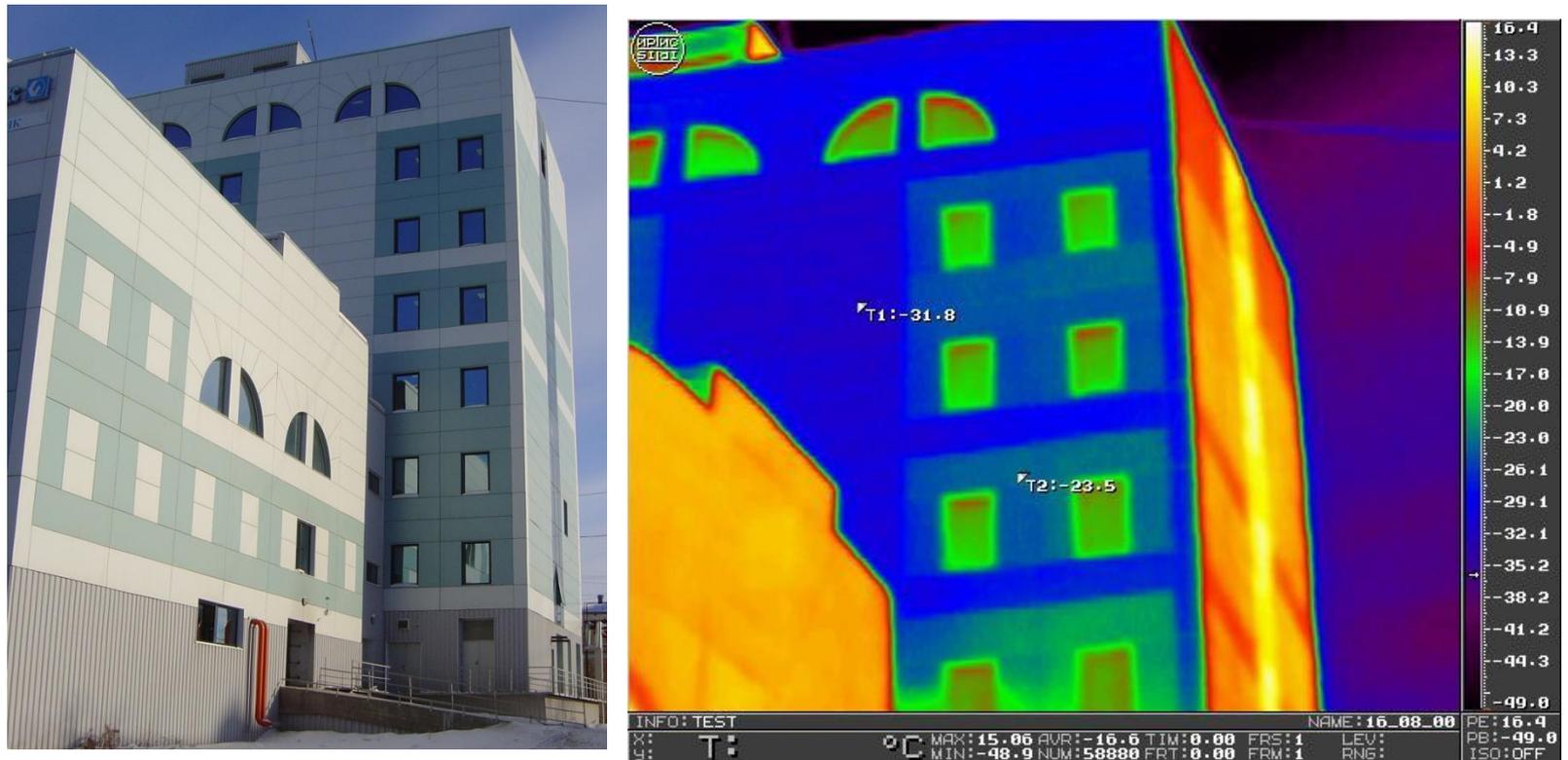


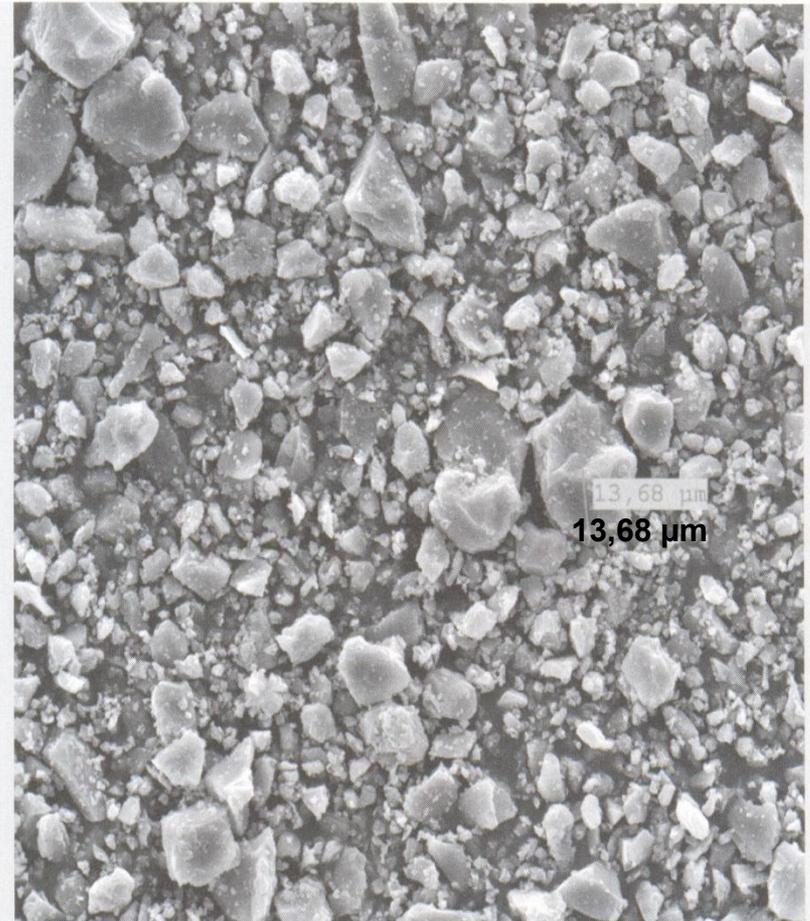
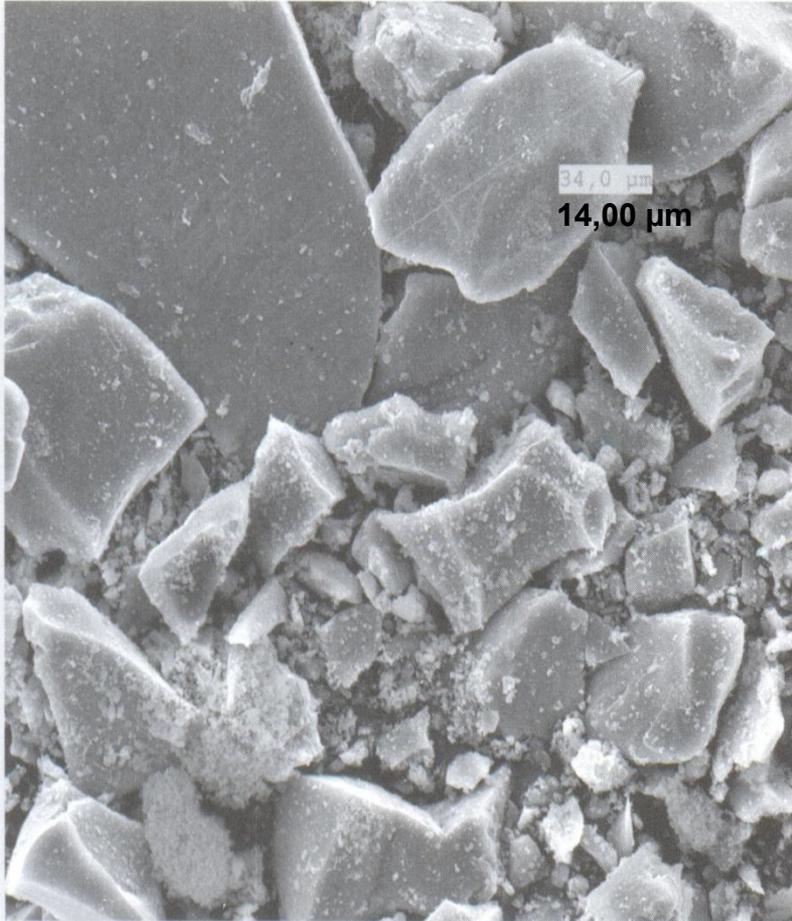
Рис. 11

# Направления развития механики мерзлых грунтов для повышения устойчивости и надежности зданий и сооружений на вечномерзлых грунтах

- создание базы данных о температурном режиме грунтов по проекту и фактическом на момент сдачи объекта в эксплуатацию;
- исследования свойств мерзлых и оттаявших грунтов в условиях сложного напряженного состояния;
- совместное рассмотрение теплового и силового воздействия на мерзлые грунты с применением положений термодинамики;
- проведение натуральных экспериментальных работ по применению современных технологий укрепления оттаявших оснований (цементация, струйная технология) для оценки их влияния на температурный режим грунтов и напряженно-деформированное состояние основания деформируемых зданий и для их широкого внедрения при усилении зданий;
- разработка ТСН по основаниям и фундаментам с учетом фактических данных по формированию температурного режима грунтов, с включением таблиц нормативных значений характеристик для наиболее распространенных хотя бы в больших городах видов грунтов с учетом их оттаивания.

**Микродур** – инъекционное минеральное  
вяжущее

## Визуальное сравнение: Цемент - Микродур



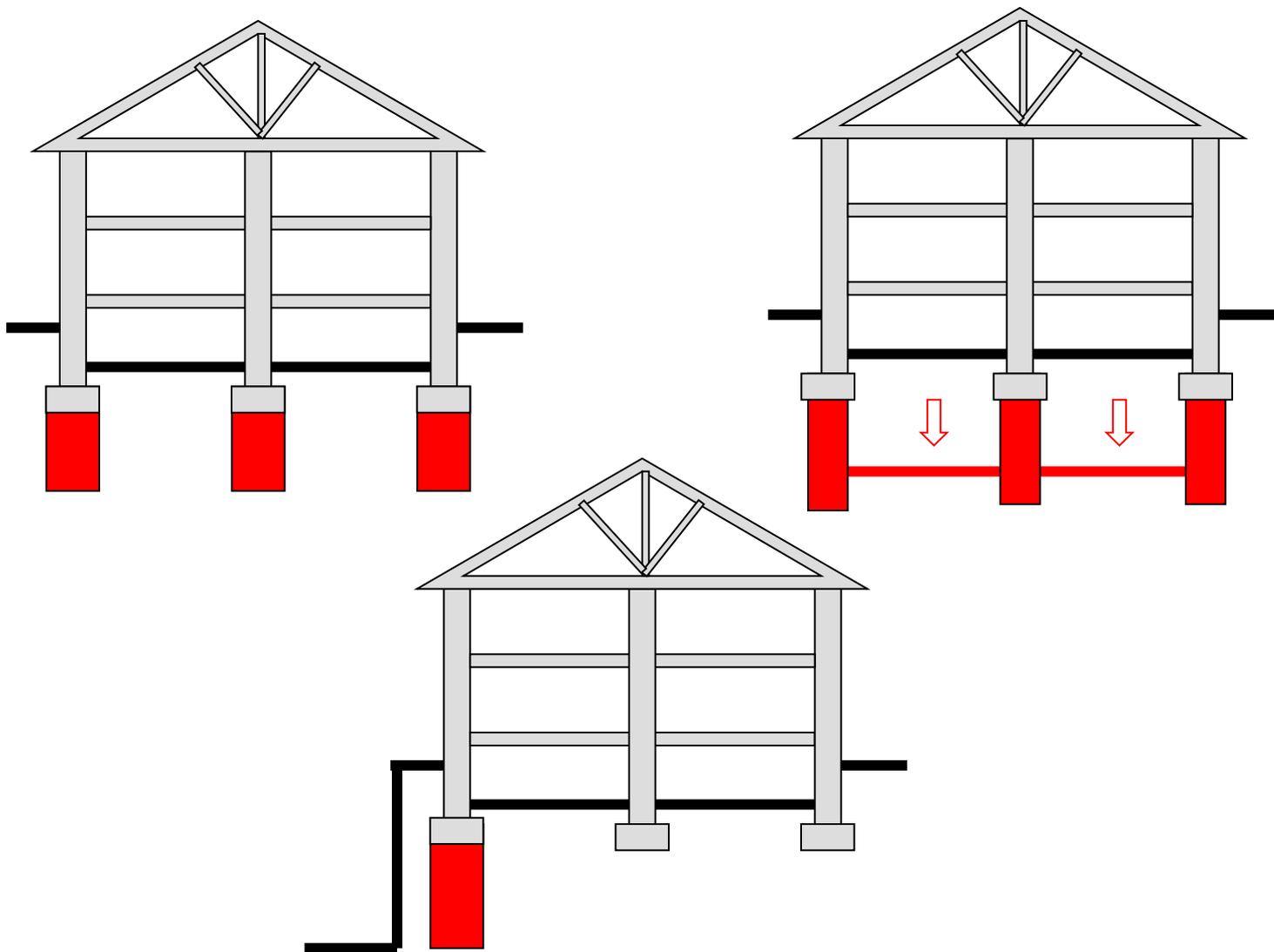
# Лабораторная и натурная проверка инъекционного закрепления грунта с применением ОТДВ Микродур



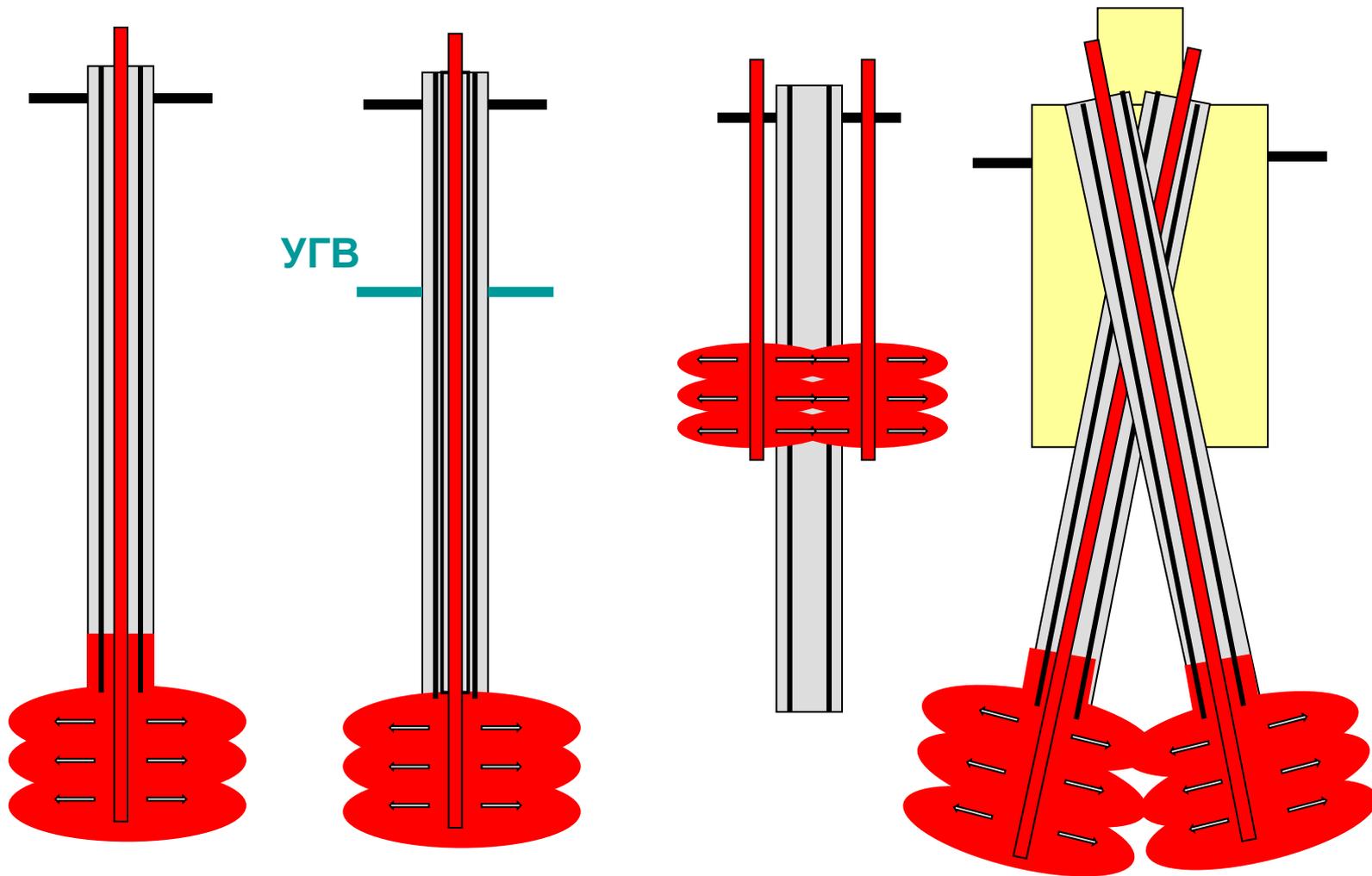
Вид грунтобетонного массива при углублении подвала здания



# Проектные задачи, решаемые наращиванием фундаментов инъекционными грунтобетонными массивами



# Сваи с опорной грунтобетонной пятой или бандажом



# ИнжПроектСтрой



Тел/факс: (342) 219-61-03, 219-63-61  
e-mail: [eps@permlink.ru](mailto:eps@permlink.ru)      [www.jet-grouting.ru](http://www.jet-grouting.ru)



## СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ НОВОГО ТИПА

**А.Г. Малинин,**  
к.т.н., член Правления Тоннельной ассоциации России,  
Технический директор ЗАО «ИнжПроектСтрой»

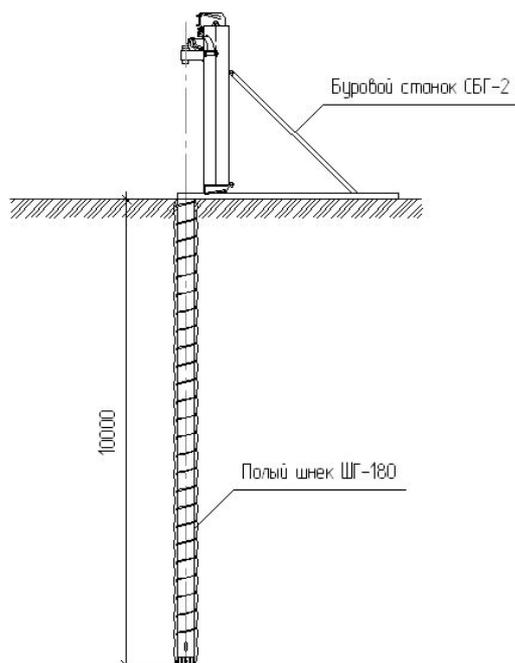
**П.А. Малинин,**  
ведущий инженер-геотехник ЗАО «ИнжПроектСтрой»



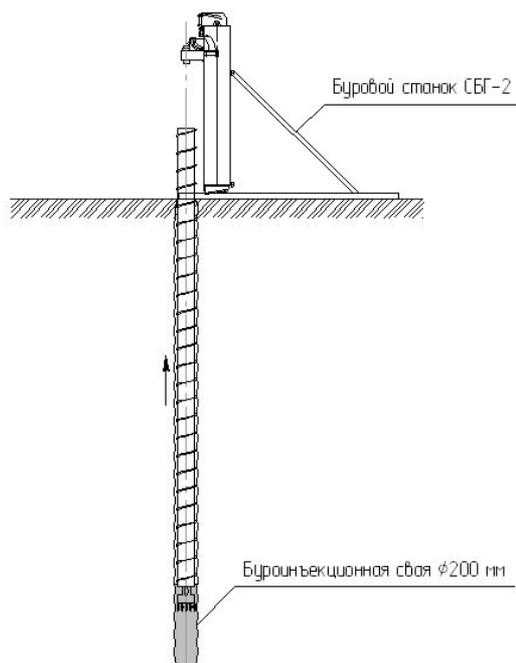
# Буроинъекционные сваи



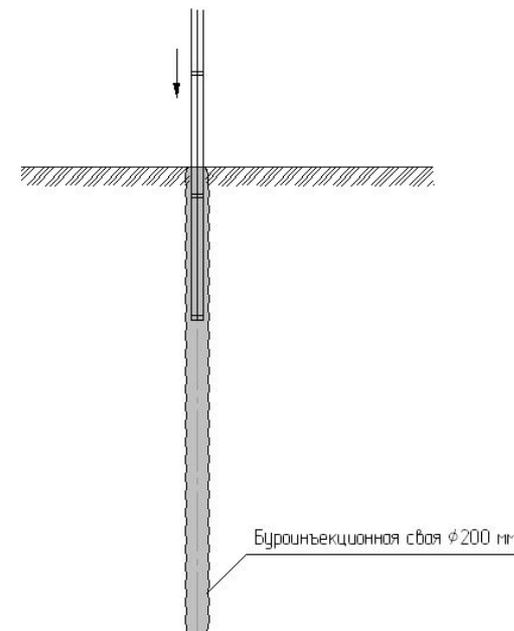
1. Бурение скважины  $\phi 200$  мм с непрерывной обсадкой полыми шнеками ШГ-180



2. Заполнение скважины мелкозернистым бетоном

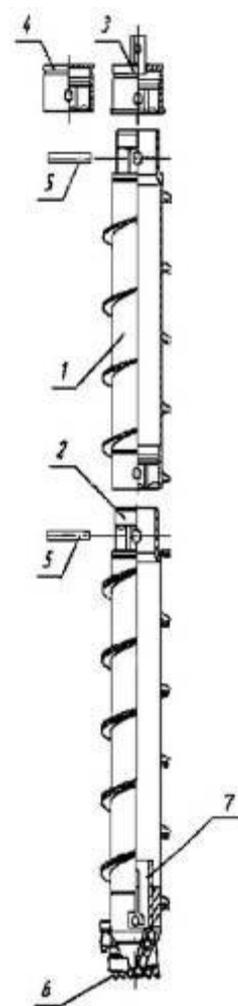


3. Опускание в тело сваи армокаркаса



Технология устройства буроинъекционных свай

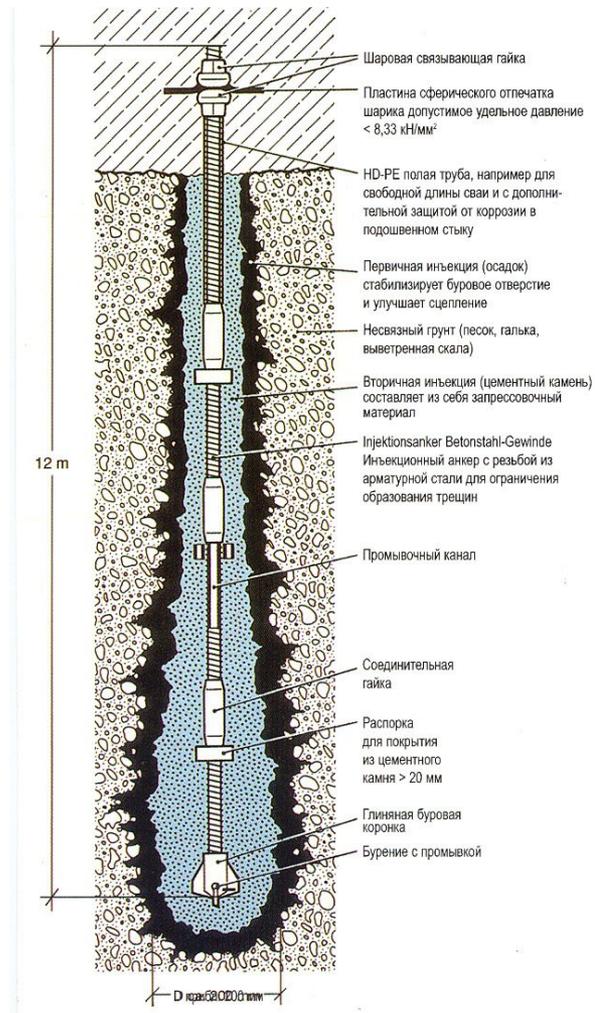
# Буроинъекционные сваи



Конструкция шнека:

- 1 – комплект полых шнеков
- 2 – лидерный шнек со сдвижным золотником и баровым долотом
- 3 – переходник ведущий
- 4 – переходник опрессовочный
- 5 – комплект пальцев
- 6 – комплект сменных резцов
- 7 – золотник

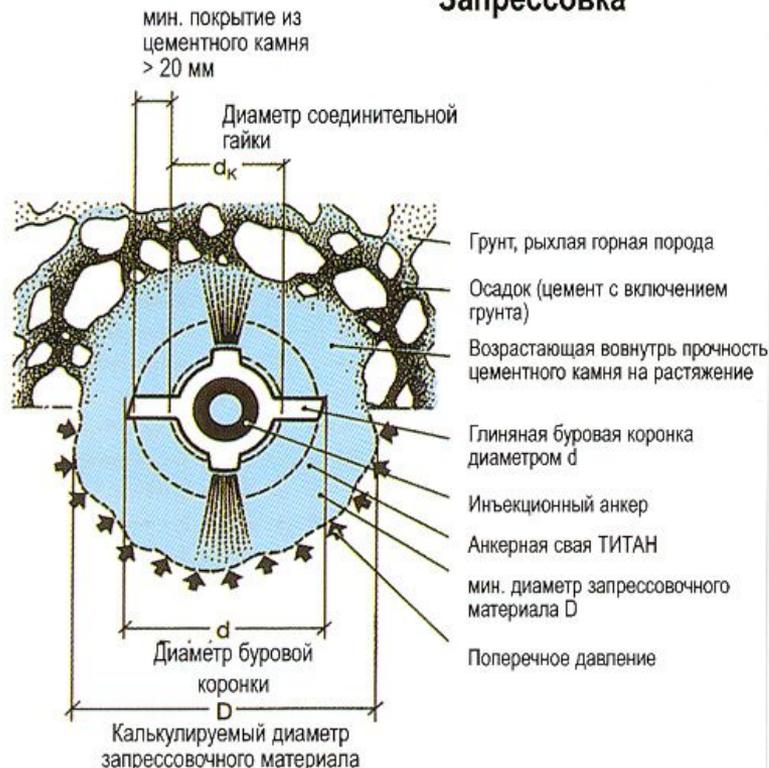
# Сваи Titan



# Сваи Titan



## Запрессовка



- $D \geq 2,0 \times d$  для средней и крупной гальки
- $1,5 \times d$  для песка и гравелистого песка
- $1,4 \times d$  для связного грунта (глина, мергель)
- $1,0 \times d$  для выветренного песчаника, глинистый сланец

Несущая способность  
свай Titan по DIN 4128:

$$F = \pi D L q / k$$

$D$  – диаметр свай,

$L$  – длина свай,

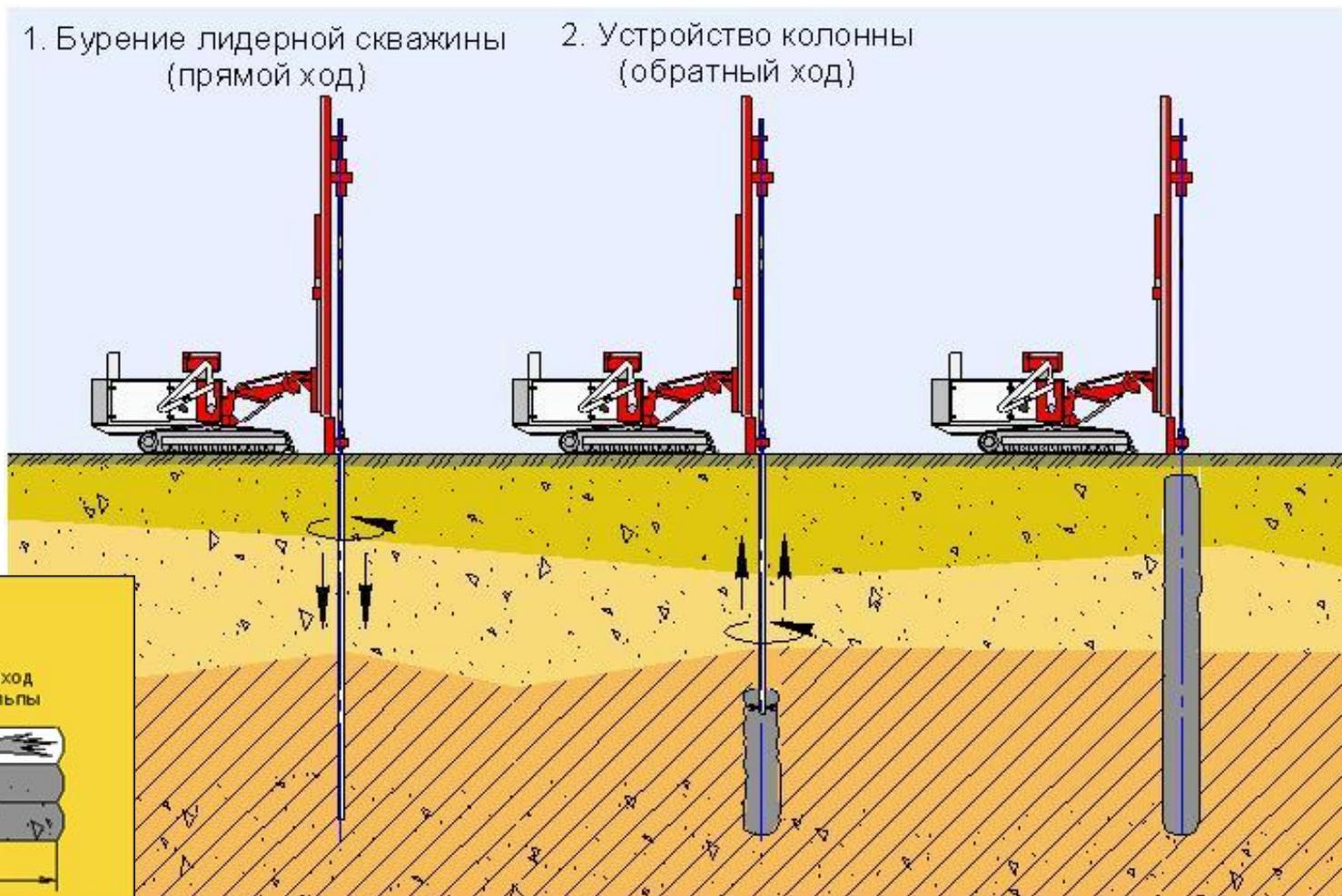
$q$  – сопротивление грунта  
по боковой  
поверхности

$k=1,5..3,0$  – коэф. запаса

# Струйная цементация

1. Бурение лидерной скважины  
(прямой ход)

2. Устройство колонны  
(обратный ход)



# Струйная цементация



# Струйная цементация

