

ФГБОУ ВО «МАДИ»



Ю.Э.Васильев
д.т.н. профессор

**Перспективы
применения
серобетона в
дорожном
строительстве**

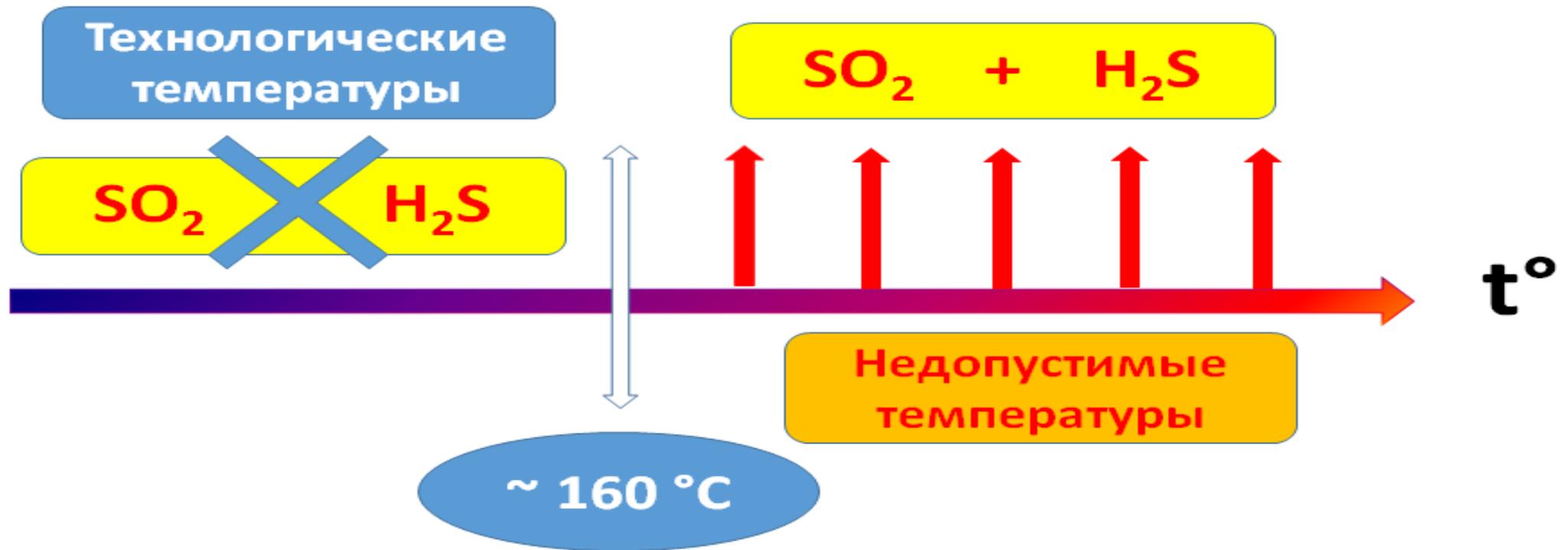


Москва 2022

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МОДИФИЦИРОВАННОЙ СЕРЫ



Эмиссия сероводорода и диоксида серы при производстве серосодержащих композиционных материалов на основе модифицированной серы «Сульфотекс-АБ» и «Сульфотекс-СБ»



		ПРОИЗВОДСТВО ВЯЖУЩЕГО		
Портландцемент	Цементный завод			
	Затраты энергии на производство 1 т: мокрый способ – 7,6 ГДж, сухой способ – 3,4 ГДж Эмиссия парниковых газов – 0,8 т на 1 тонну портландцемента			
Техническая сера	ГПЗ		НПЗ	
			МК	
Производится в качестве попутного техногенного продукта				
Модифицированная сера			Установка по модификации серы	
	Затраты энергии – 10 кДж на 1 тонну модифицированной серы Эмиссия парниковых газов - отсутствует			

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р
59613—
2021

СМЕСИ СЕРОБЕТОННЫЕ И СЕРОБЕТОН

Технические условия

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2021

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью "Малое инновационное предприятие "Сульфотекс МАДИ" (ООО "МИП "Сульфотекс МАДИ")

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 "Строительство"

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 августа 2021 г. N 699-ст

Патенты на изобретение РФ №№ 2104980, 2107545, 2197445, 2211818, 2212487, 2223991, 2223992, 2401819, 2455157, 2543838, 2554585;

Патенты на полезную модель №№ 92419, 96505, 96506, 96787, 97998, 98012, 98351, 98940;

Евразийские патенты №№ 003911, 003912.

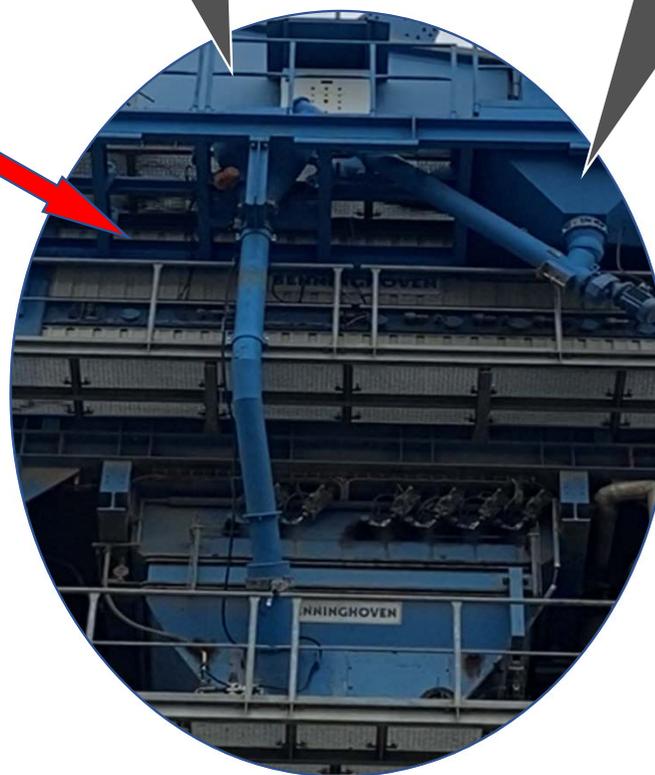
Параметры	Серобетон ГОСТ Р 59613-2021	Цементобетон ГОСТ 26633-2012
Состав вяжущего, %	Модифицированная сера «Сульфотекс-СБ»	Портландцемент ПЦ 400-Д0-Н, ПЦ500-Д0-Н
Организация производства	На асфальтобетонном заводе с минимальной модернизацией	На бетонном заводе
Температура производства, °С	130 - 155	Окружающей среды
Срок набора марочной прочности	При остывании до 50 °С – прочность 80%	28 суток
Класс прочности	В 30 ... В 100	В 15 ... В 40
Водостойкость	1,0	0,8
Марка по морозостойкости (по II базовому методу ГОСТ 10060-2012)	не менее F₂1000	F₂100 ... F₂200
Водонепроницаемость	не менее W 20	W 2 ... W 8
Химическая стойкость, %		
- кислая среда	90 – 95	23 – 35
- основная среда	86 - 93	54-60
Истираемость, г/см²	0,2 - 0,3	0,4 - 0,7
Экологическая безопасность	Экологически безопасен при соблюдении температурного режима	

ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ АБЗ



Дозатор серы

Бункер для серы



МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ
26633—
2012

БЕТОНЫ ТЯЖЕЛЫЕ И МЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ

Технические условия

(EN 206-1:2000, NEQ)

Издание официальное



Москва
Стандартинформ
2014

Приложение А (справочное)

Характер возможного воздействия вредных примесей в заполнителях на бетон

А.1 К вредным примесям в заполнителях относят включения следующих пород и минералов: аморфные разновидности диоксида кремния (халцедон, опал, кремь и др.); сульфаты (гипс, ангидрид и др.), слоистые силикаты (слюды, гидрослюды, хлориты и др.); магнетит, гидроксиды железа (гетит и др.), апатит, нефелин, фосфорит, галоиды (лалит, сильвин и др.), цеолиты, асбест, графит, уголь, горючие сланцы.

Вредные примеси могут вызывать:

- снижение прочности и долговечности бетона;
- ухудшение качества поверхности и внутреннюю коррозию бетона;
- коррозию арматуры в бетоне.

А.2 Основные вредные примеси, снижающие прочность и долговечность бетона: уголь, графит, горючие сланцы, слоистые силикаты (слюды, гидрослюды, хлориты и др.); цеолиты, апатит, нефелин, фосфорит.

А.3 Основные вредные примеси, вызывающие ухудшение качества поверхности и внутреннюю коррозию бетона:

- аморфные разновидности диоксида кремния, растворимого в щелочах (халцедон, опал, кремь и др.), хлорит и некоторые цеолиты;
- сера, сульфиды (пирит, марказит, пирротин и др.);
- сульфаты (гипс, ангидрид и др.);
- магнетит, гидроксиды железа (гетит и др.).

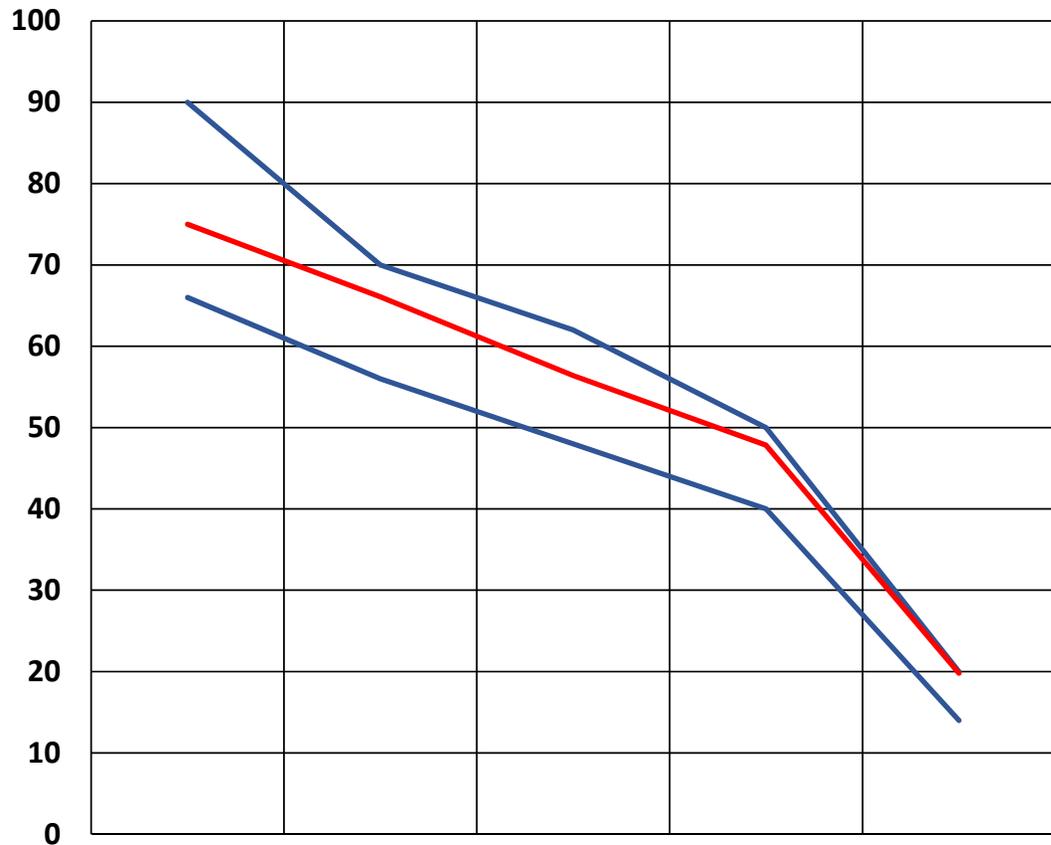
А.4 Основные вредные примеси, вызывающие коррозию арматуры в бетоне:

- галоиды (галит, сильвин и др.), содержащие водорастворимые хлориды;
- сера, сульфиды и сульфаты.

Для серобетона не требуется!

ЗЕРНОВОЙ СОСТАВ СЕРОБЕТОННОЙ СМЕСИ

Количество частиц менее данного размера, %



Щебень, фр. 15-20

Щебень, фр. 10-15

Щебень, фр. 5-10

Песок

Минеральный порошок

Размеры, мм

Формула	Количество	
	кг/м ³	%
$\Pi_{15} = \frac{1000}{\frac{A * r}{\rho_{\Pi}^{\Pi}} + \frac{1}{\rho_{\Pi}^{\Pi}}}$	730	34%
$\Pi_{10} = \frac{1000 - \Pi_{15}}{\frac{A * r}{\rho_{\Pi}^{\Pi}} + \frac{1}{\rho_{\Pi}^{\Pi}}}$	208	10%
$\Pi_5 = \frac{1000 - \Pi_{15} - \Pi_{10}}{\frac{A * r}{\rho_{\Pi}^{\Pi}} + \frac{1}{\rho_{\Pi}^{\Pi}}}$	184	9%
$\Pi = \frac{1000 - \sum \Pi_i}{\frac{A * r}{\rho_{\Pi}^{\Pi}} + \frac{1}{\rho_{\Pi}^{\Pi}}}$	602	28%
$M_{\Pi} = \frac{1000 - \sum \Pi_i - \Pi}{\frac{A * r}{\rho_{\Pi}^{M_{\Pi}}} + \frac{1}{\rho_{\Pi}^{M_{\Pi}}}}$	426	20%
	2151	
$S = \left(1000 - \sum \Pi_i - \Pi - M_{\Pi} \right) * \rho_S$	280	13%

АРМИРОВАНИЕ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРОЙ



Возможные технологии	Вид продукции	Изделия, конструкции
Вибропрессование	Сборные мелкоштучные изделия	Тротуарная плитка, бордюры
Пластичное виброформование	Сборные изделия и конструкции	Трубы, плиты, ограждения
3-D печать	Монолитные конструкции	Инженерные конструкции
Монолитное бетонирование	Монолитные конструкции	Инженерные конструкции

СЕРОБЕТОННЫЕ СМЕСИ И ИЗДЕЛИЯ СЕРОБЕТОННЫЕ

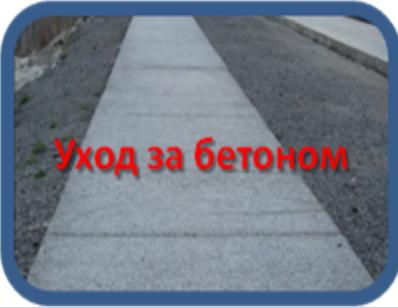
Серобетон обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционным бетоном:

- быстрым набором и сохранением высокой прочности
- стойкостью в кислых и основных средах
- водонепроницаемостью
- морозостойкостью
- низкой теплопроводностью
- отверждением при низких температурах
- хорошей адгезией к бетону
- безотходностью технологического процесса

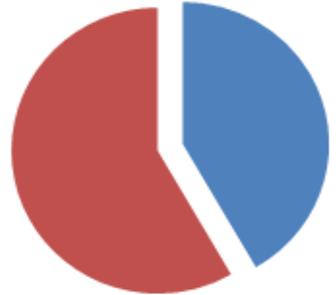
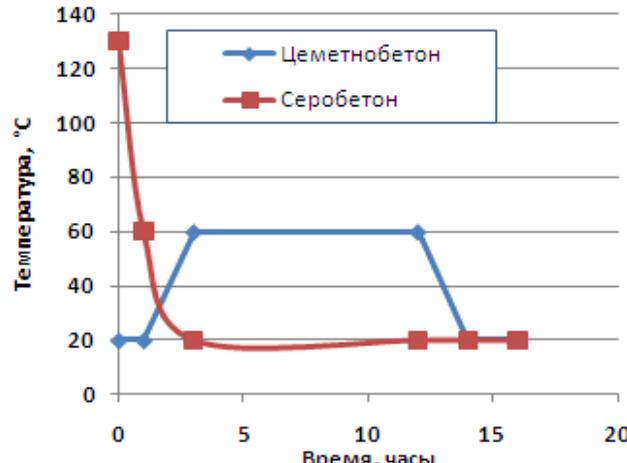


		6 месяцев	12 месяцев	24 месяца
Цементобетон				
Масса	100 %	100 %	83 %	43 %
Серобетон				
Масса	100 %	100 %	100 %	100 %

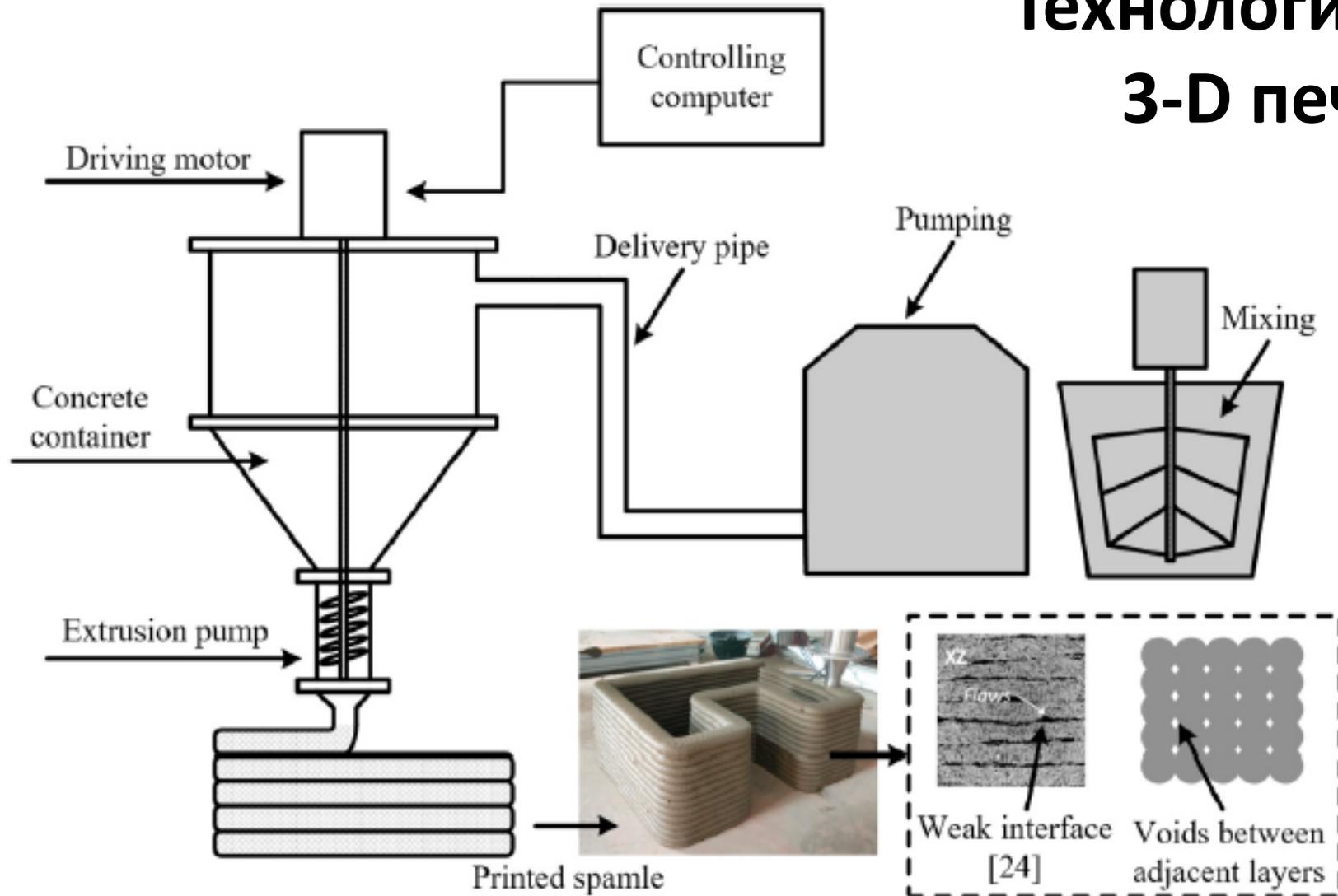
ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ (монолитный бетон)

	Производство смеси	Транспортирование	Укладка	Уход
СЕРОБЕТОН				
	<p>Температура приготовления – 130 - 140 °С Температура укладки – от - 40 до +40 °С Начало эксплуатации объекта – через 1 сутки после укладки</p>			
ЦЕМЕНТОБЕТОН				
	<p>Температура приготовления – более 10 °С Температура укладки – более 10 °С Начало эксплуатации объекта – не ранее 28 суток после укладки</p>			

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ (сборный бетон)

	Производство смеси	Формование	Пропаривание	
СЕРОБЕТОН				<p style="text-align: center;">Работа АБЗ в течение года</p>  <ul style="list-style-type: none"> ■ ноябрь-март (не работает) ■ апрель-октябрь (работает)
	<p>Температура приготовления – 130 - 140 °С Температура формования – 130 - 140 °С Отпускная прочность – через 1 сутки после укладки</p>			
ЦЕМЕНТОБЕТОН				<p style="text-align: center;">Изменение температуры</p>  <p>Температура, °С</p> <p>Время, часы</p>
	<p>Температура приготовления – более 10 °С Температура формования – более 10 °С Отпускная прочность – через 1 сутки после ТВО</p>			

Технология NASA 3-D печать



Суммарные затраты энергии при производстве 1 м³ бетонного изделия, МДж

	цементобетонная смесь	серобетонная смесь
Приготовление бетонной смеси	11,1	11,1
Хранение цемента	5,0	0,0
Хранение заполнителей	83,5	88,5
Формование изделий	251,9	251,9
Термовлажностная обработка	1 617,4	0,0
Внутризаводской транспорт	57,1	57,1
ВСЕГО	2 026	408,6

Материал	Цена, руб.	Цементобетонная смесь		Сербетонная смесь	
		Содержание, кг/м3	Стоимость, руб.	Содержание, кг/м3	Стоимость, руб.
Портландцемент 500-Д0-Н	4 900	350,00	1 715,00	-	-
Модифицированная сера	7 500	-	-	410,00	3 075,00
Щебень	2 100	1 060,00	2 226,00	892,00	1 873,20
Песок	550	810,00	445,50	842,00	463,10
Минеральный порошок	1 500	-	-	379,00	568,50
Вода	35,40	1 754,00	6,20	-	-
ПАВ	274,55	4,70	1 290,39	-	-
ИТОГО			5 683,08		5 979,80

БИБЛИОТЕКА ПРАКТИК РАЗВИТИЯ И БЛАГОУСТРОЙСТВА СРЕДЫ АРКТИЧЕСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ



СЕРОБЕТОН включен в
библиотеку практик развития и
благоустройства среды
арктических поселений

Серобетон

Россия, Республика Коми, Усинск 2016

Разработчики

ООО «Малое инновационное
предприятие «Сульфотекс
МАДИ»



Спасибо за внимание!

