

Акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники имени Б.Е. Веденеева»
Закрытое акционерное общество «Научно-Производственный Центр Материалов и Добавок»



РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

Сокращение сроков строительства за счет применения скоростной технологии бетонных работ.



2018

2018





РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

Строительство Российской части ж/д мостового перехода через р. Амур (Хэйлунцзян) на участке Российско-Китайской государственной границы в районе населенного пункта Нижнеленинское Еврейской Автономной области (РФ) и г. Тунцзян провинции Хэйлунцзян (КНР)



Описание объекта

Железнодорожный мост является совместным проектом КНР и РФ. Длина мостового перехода составляет 2209 метров, из них на российскую сторону приходится только 309 метров





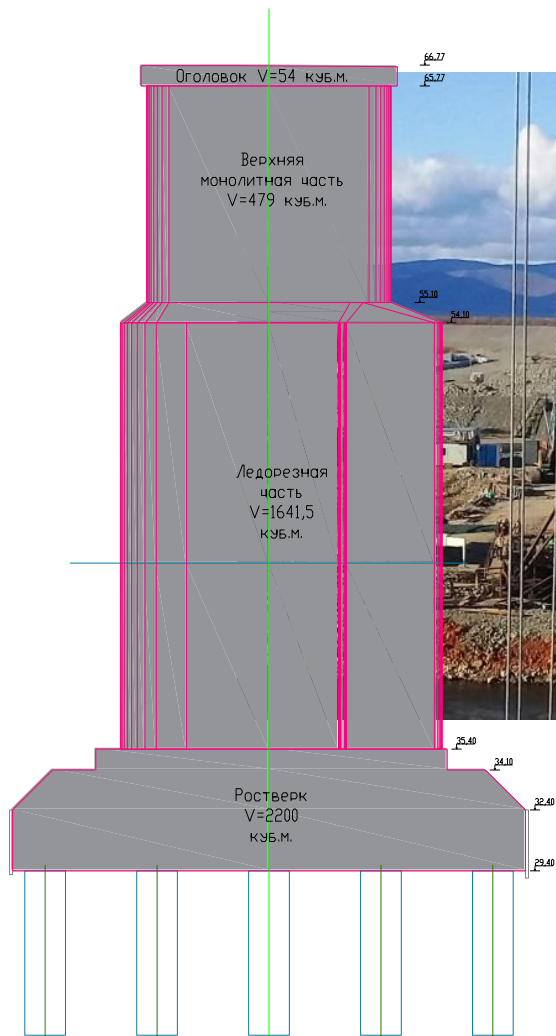
РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

Бетонирование конструкций высокими блоками



Основные показатели



Показатели	Расход Цемента, кг	Высота бетонирuemых блоков, м	Количество блоков возведени я
Ростверк	B30 F ₁ 300 W6 P6 410	6,0	1
Ледорезная часть опор	B35 F ₁ 500 W8 P4 420	19,7	1
Верхняя монолитная часть опор	B35 F ₁ 300 W8 P4 410	10,7	1
Оголовок	B35 F ₁ 300 W8 P4 410	1,0	1

Геометрические размеры

Ростверк: длина – L=25,2м, ширина – B=18,2 м.- Высота - hроств.= 6,0м

Ледорезная часть опор площадь: высота лл.ч.=19,70 м

Верхняя часть опор: высота лв.ч.=10,67 м

Оголовок: высота оголовка=1,0 м



ДЛЯ СУЩЕСТВЕННОГО СОКРАЩЕНИЯ СРОКОВ БЕТОННЫХ РАБОТ ПРЕДСТОЯЛО РЕШИТЬ ТРИ ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ:

✓ Разработка технологии подачи и укладки бетона. Разработка состава бетонной смеси.

✓ Обеспечение трещиностойкости бетонной конструкции.
Снижение максимума разогрева и сохранение нормального напряженно-деформированного состояния конструкции.

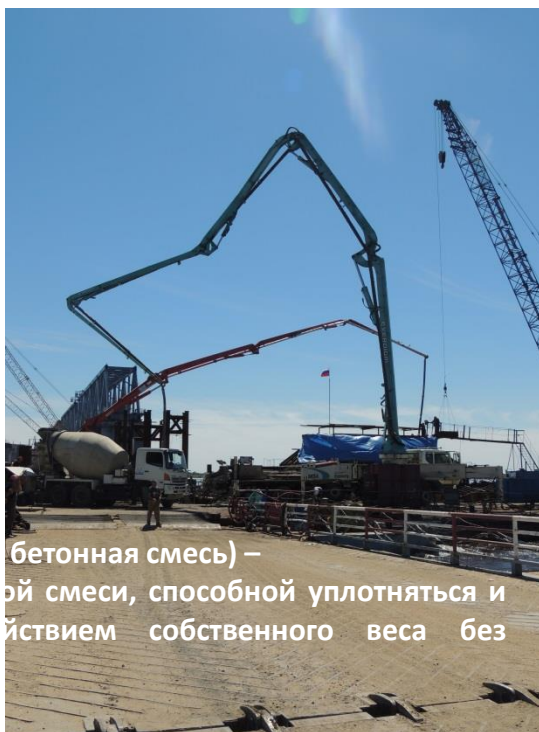
✓ Выдерживание и уход за бетоном в процессе твердения.
Равномерное остывание блоков бетонирования.



РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

Преимущества технологии высокоподвижных и самоуплотняющихся бетонов



СУБС (самоуплотняющаяся бетонная смесь) – это разновидность бетонной смеси, способной уплотняться и нивелироваться под действием собственного веса без внешних воздействий.

Решение задачи №1: Применение высокоподвижной и самоуплотняющейся бетонной смеси.

Преимущества:

Высокий темп и объем бетонирования – рост производительности;

- возможность бетонирования густоармированных конструкций;
- возможность бетонирования конструкций сложной формы;
- высокое качество поверхности бетона без пор и раковин;
- заполнение труднодоступных частей конструкций, конструкций с обратным уклоном опалубки.;
- высокая монолитность бетонных конструкций;
- уменьшение количества строительных швов;
- снижение затрат на укладку бетона;
- низкий экзотермический разогрев;
- улучшение условий труда.



РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

Разработка составов высокоподвижных и СУБ для роствержек, ледорезной и верхней монолитной части опор



Наименование компонентов	Ед. изм.	Состав для роствержков	Состав для ледорезной части опор	Состав для верхней монолитной части опор
Проектные требования к бетону и бетонной смеси		B30 F1300 W6 P6	B35 F1500 W8 P4	B35 F1300 W8 P4
цемент	кг	400	420	410
микронаполнитель ГПМ пор.	кг	60	35*	-
зола	кг	60	-	30
добавка ГПМж-У	кг	4,33	4,00*	1,70
добавка ГПМ-У в.в.	кг	1,10	0,42*	0,15
песок	кг	720	755	785
щебень фр. 5-20	кг	990	1000	1010
вода	кг	160	168	156
Распływ конуса	см	56-62 (P5)	49-55 (P4)	49-55(P4)
В/Ц	-	0,4	0,40	0,38
$\gamma_{\text{бет.см}}$	кг/м ³	2370	2380	2366



Цилиндрические образцы бетона через 6 часов после приготовления бетонной смеси. Минимальное давление на опалубку.



Бетонная смесь с распływом 60 см
Подвижность P5



РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

Добавки для производства СУБС



Микронаполнитель ГПМ пор ЗАО «НП ЦМИД»

ТУ 5745-008-53268843-2007

Комплексная минеральная добавка (наполнитель), специально предназначенная для получения высокотехнологичных СУБ смесей и бетонов ВЭС. Заменяет до 30% цемента, увеличивает прочность, снижает экзотермическую реакцию гидратации.



Гиперпластификатор ГПМ-Жу ЗАО «НП ЦМИД»

ТУ 5745-009-53268843-2009

Добавка пластификатор, на основе эфира поликарбоксилата. Снижает В/ц соотношение, обеспечивает высокую подвижность и нерасслаиваемость б/смеси. Увеличивает прочность.



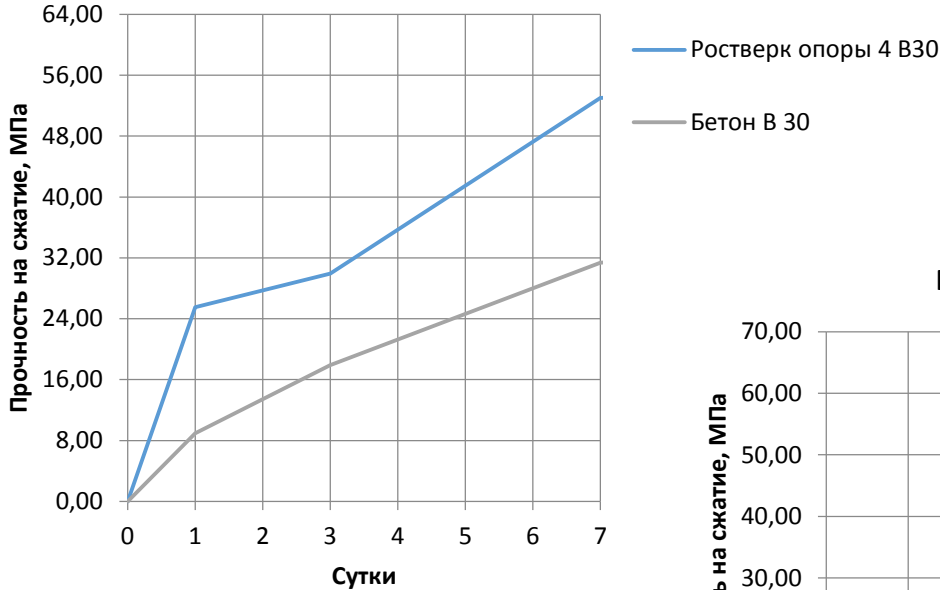
РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

Разработка составов и технологии высокоподвижных и СУБ для ростверков, ледорезной и верхней монолитной части опор №№3,4 железнодорожного мостового перехода через реку Амур

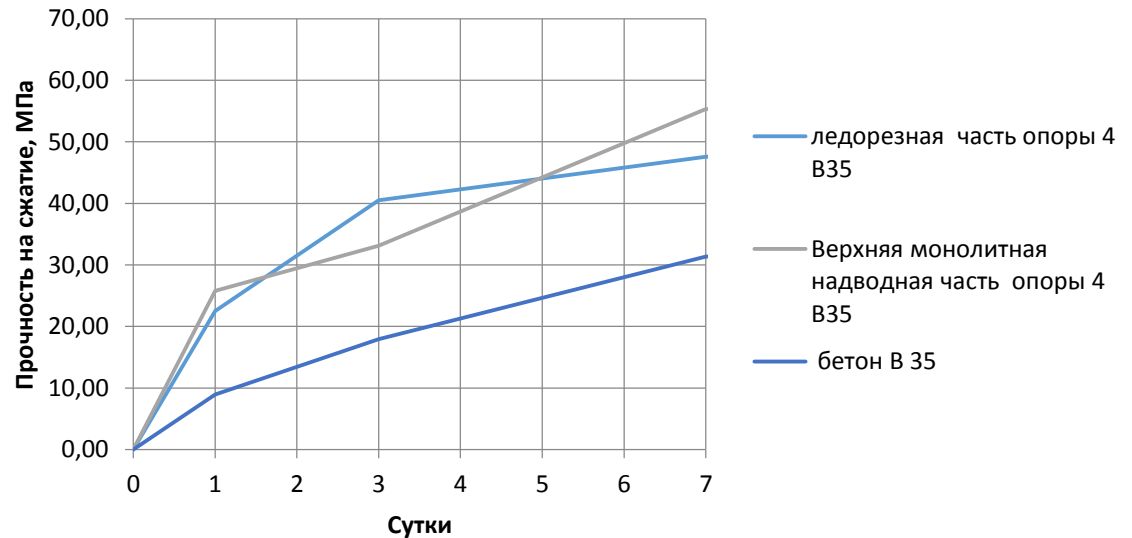


График нарастания ранней прочности бетона



100% прочности на 5 сутки

График нарастания ранней прочности бетона





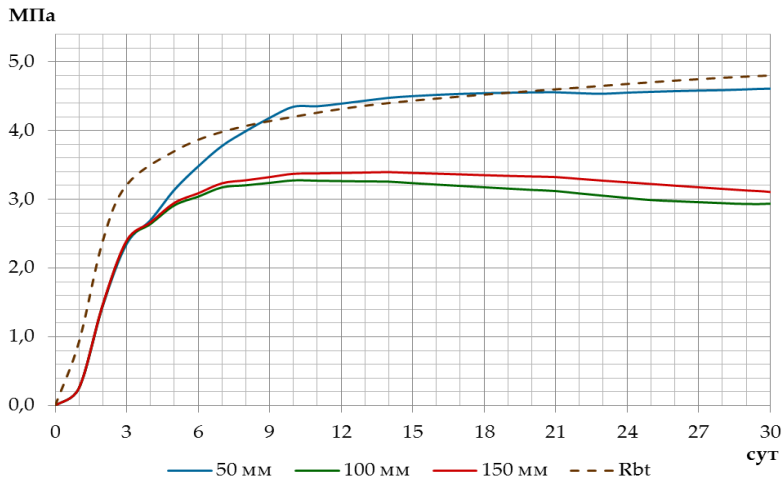
РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

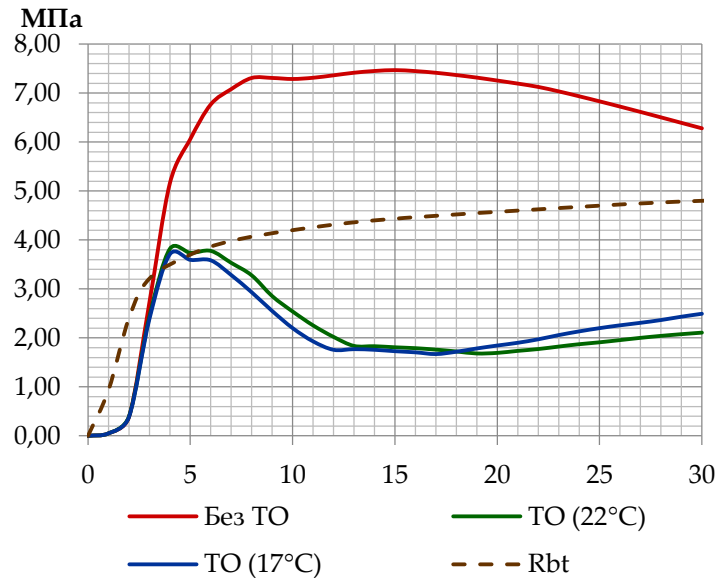
Решение задачи №2. Выполнение теплофизических расчетов и НДС для различных вариантов возведения конструкции Исходные данные



Характеристика	Ростверк	Ледорезная часть	Верхняя часть
технические характеристики бетонной смеси	B30 F ₁ 300 W6 P6	B35 F ₁ 500 W8 P4	B35 F ₁ 300 W8 P4
прочность на сжатие	38,40 МПа	44,80 МПа	44,80 МПа
прочность на растяжение	3,0-4,0 МПа	4,0-4,5 МПа	4,0-4,5 МПа
модуль упругости	38000 МПа	34500 МПа	34500 МПа
расход цемента	400 кг/м ³	420 кг/м ³	410 кг/куб.м.
температура бетонной смеси	+17±3 °С	+20 °С	+17±3 °С
температура наружного воздуха	+2°С.....+12°С (апрель за последние семь лет)	+21 °С ... +28 °С(июль за последние семь лет)	+11 °С ... +22 °С (сентябрь за последние десять лет)
температура основания при укладке Б.С.	+5 °С ... +10 °С	+20 °С ... +30 °С	+15 °С ... +25 °С
температура воды в реке амур	+3°С ... +11 °С (июль за последние два года)	+19 °С ... +26 °С (июль за последние два года)	+10 °С ... +15 °С (сентябрь за последние два года)
геометрические размеры конструкции	Длина - 25,2м; ширина - 18,2 м. по нижнему основанию высота h= 6,0 м	Sк=84,35 м ² h=19,70 м	Sк=44,60 кв.м. h=10,67 м
объем конструкции	Vрост.=2230 куб.м.	Vл.ч=1641,5 куб.м.	Vв.ч.=475,88 куб.м.
время бетонирования	30-40 ч	42-47 ч	24-27 ч
высота слоя	0,15 м	0,4 м	0,4 м
интенсивность укладки	70 куб.м./ч	40,00 куб.м./час	12,00-20,00 куб.м./час

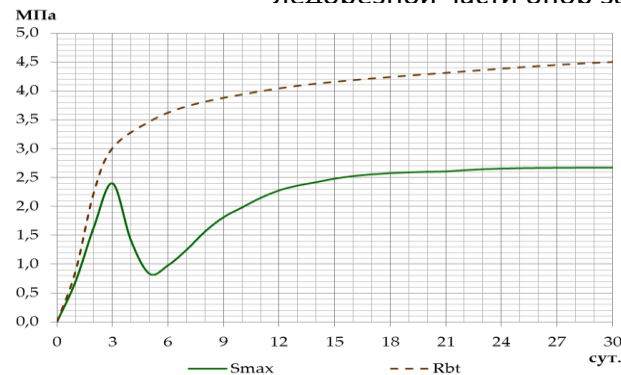


Изменение растягивающих напряжений в ростверке в зависимости от толщины утеплителя. пеноплекс (теплопроводность 0,028 Вт/м*К)

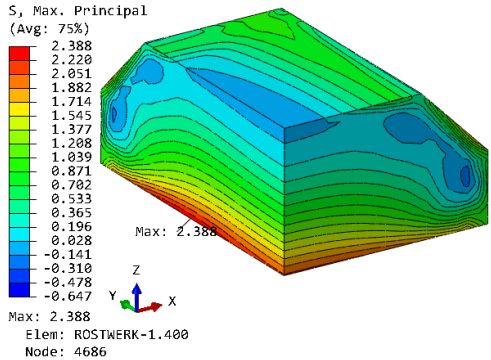


Развитие главных максимальных напряжений в ледорезной части опор за 30 дней

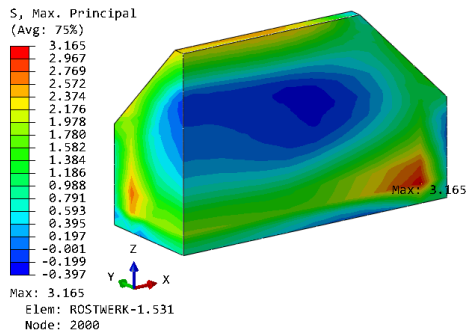
сут.



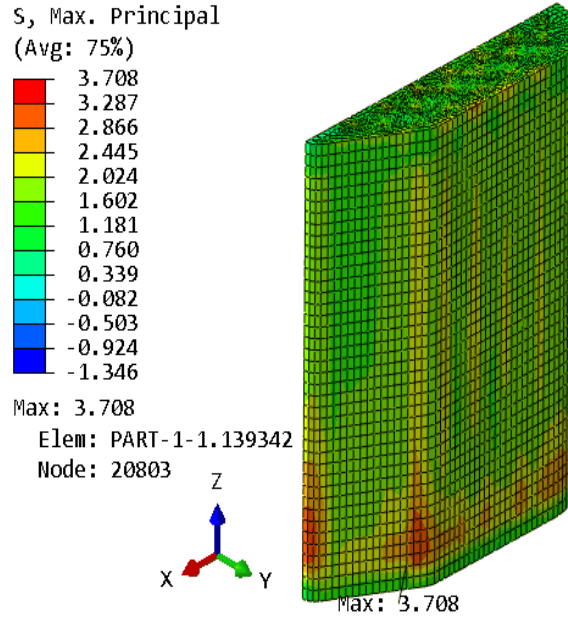
Развитие главных максимальных напряжений в верхней части опор за 30 дней



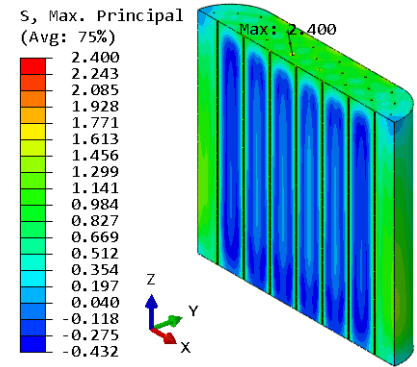
Температурные напряжения в блоке на 3 сутки (Ростверк Утеплитель марки Пеноплекс 70 мм)



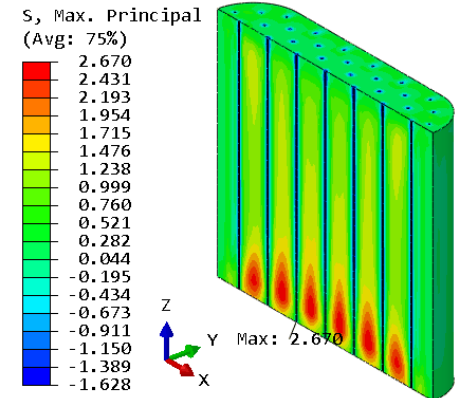
Температурные напряжения в блоке на 55 сутки (Ростверк Утеплитель марки Пеноплекс 70 мм)



Температурные напряжения в блоке на 4 сутки (Ледорезная часть Трубноое охлаждение Продолжительность 12-15 дней)



Температурные напряжения в блоке на 3 сутки (Верхняя часть Трубноое охлаждение Продолжительность 6-8 дней)



Температурные напряжения в блоке на 30 сутки (Верхняя часть)



РусГидро

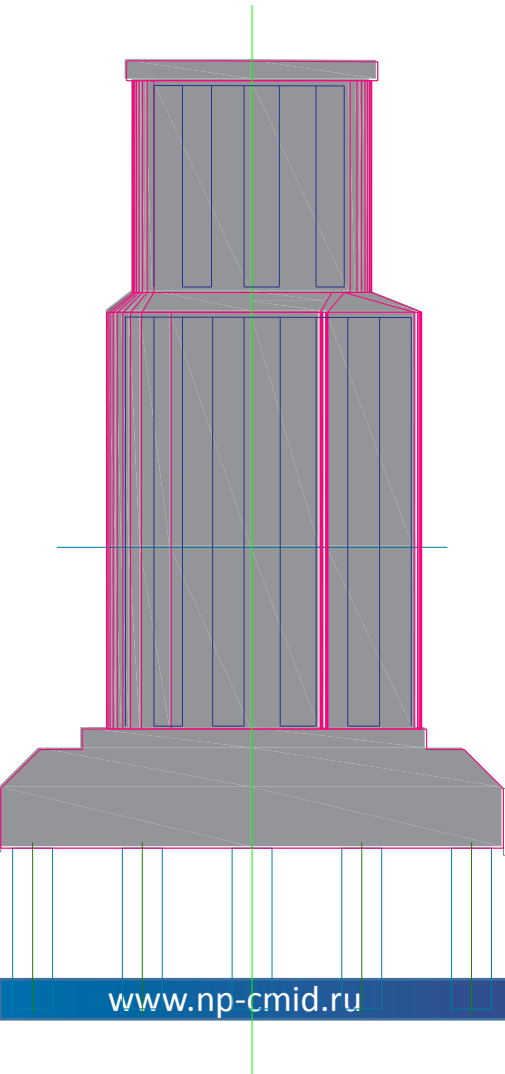
ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

Выбор способа выдерживания ухода за бетоном



Решение задачи №3

Выбор способа ухода за бетоном



Конструкция	Способ ухода и выдерживания бетона
Верхняя часть опоры	 система трубного водяного охлаждения / система утепления
Ледорезная часть	 система трубного водяного охлаждения
Ростверк	 выдерживание в слое герметичного утеплителя



РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

Проектная документация Технологический регламент на производство бетонных работ



При разработке технологий бетонирования конструкций выполняется:

- расчет температурного режима и термонапряженного состояния конструкций для зимнего и летнего периодов строительства;
- выбор оптимального объема и конфигурации захваток бетонирования на основании расчетов термонапряженного состояния;
- назначение требований к основному оборудованию и механизмам;
- определение потребности в механизмах, оборудовании и технологической оснастке;
- назначение технологических параметров бетона и бетонной смеси (СУБС) для различных систем опалубки, при различных температурных условиях бетонирования конструкций;
- разработка требований к подготовке основания блоков бетонирования;
- разработка технологической схемы бетонирования, выбор точек подачи бетонной смеси в блоки бетонирования,
- разработка требований к транспортировке, подаче и укладке (распределению) бетонной смеси в блок бетонирования;
- расчет интенсивности бетонирования, допустимое время перекрытия слоев бетона, высота слоев бетонирования, и т.д.;
- разработка требований по уходу за уложенным бетоном в конструктивах с учетом температурной трещиностойкости бетона и погодных условий при их возведении, включая возведение при аномальных погодных условиях: при низких отрицательных ниже -20°C и высоких положительных температурах наружного воздуха выше $+25^{\circ}\text{C}$;
- разработка схем по установке контрольно-измерительной аппаратуры - для контроля температурного и напряженно-деформированного состояния бетонируемых железобетонных конструкций,
- разработка рекомендаций по устройству строительных швов между смежными блоками бетонирования;
- и т.д.

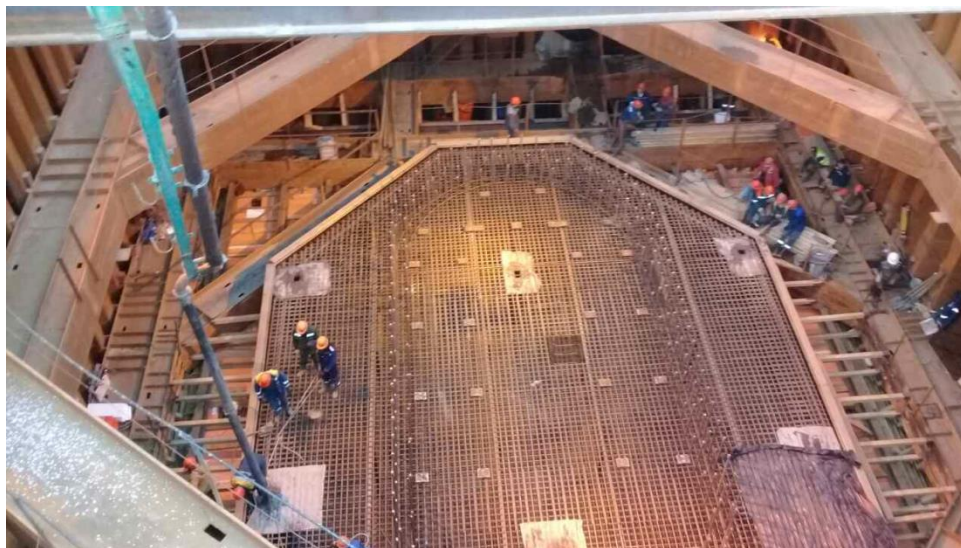




РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

Реализация Технологии Процесс укладки бетона в конструкцию Ростверки опор





РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

Реализация Технологии Процесс укладки бетона в конструкцию





РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

Основные показатели бетонирования конструкцию мостового ж/д перехода



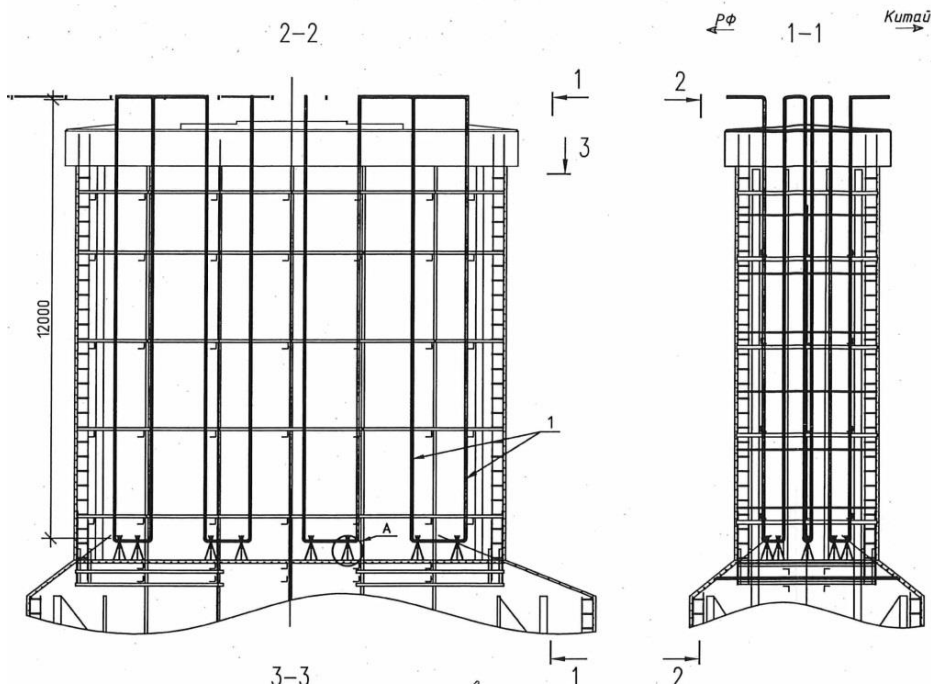
Показатели	Ростверк опоры 4	Ростверк опоры 3	Ледорезная часть опоры 4	Верхняя монолитная надводная часть опоры 4 +оголовок	Ледорезная часть опоры 3	Верхняя монолитная надводная часть опоры 3+оголовок
Фактический объем конструкции	2226,6 куб.м.	2198 куб.м.	1641,5 куб.м.	533 куб.м.	1641,5 куб.м	533 куб.м
Средняя интенсивность	36,6 куб.м./ч.	48 куб.м./ч.	24 куб.м./ч.	16,5 куб.м./ч.	23,78 куб.м/ч	14куб.м./ч.
Время бетонирования	65 часов	48 часов	53 часа	32 часа	69 часов	38 часов
Количество бетонаносов	2 (БСУ HZS 90 - 90 куб.м./ч, БСУ COBRA 60 - 60 куб.м./ч)	2 (БСУ HZS 90 - 90 куб.м./ч, БСУ COBRA 60 - 60 куб.м./ч)	2 (БСУ HZS 90- 90 куб.м./ч, БСУ COBRA 60 - 60 куб.м./ч) поочередно	1 (БСУ COBRA 60 - 60 куб.м./ч)	2 (БСУ HZS 90- 90 куб.м./ч, БСУ COBRA 60 - 60 куб.м./ч) поочередно	1 (БСУ HZS 90- 90 куб.м./ч)
Количество заводов	2	2	1	1	1	1
Количество автобетосмесителей	12	12	4	3	4	3
Количество человек	60	60	40	40	40	40



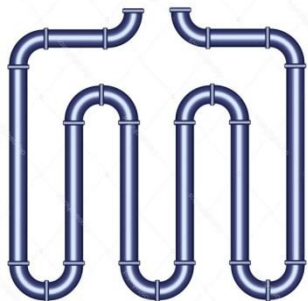
РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

Система водяного трубного охлаждения в ледорезной и верхней части опор



Название блока бетонирования	Производительность насоса	Количество замкнутых контуров	Скорость течения воды	Объем воды	Время работы системы
Ледорезная часть опоры 4	15 куб./ч	4	1-1,7 м/с	0,8-1,2 куб.м.	16
Верхняя часть опоры 4		2	2-2,7 м/с		7
Ледорезная часть опоры 3		4	1-1,7 м/с		12



Система водяного охлаждения состоит из вертикально расположенных металлических труб $d=57$ мм замкнутых в 4 контура. Шаг труб 1,5 x 1,5 метра. Общая длина системы охлаждения 684 м. Скорость движения воды 2,5 м/с. Время прохождения воды 2 мин 30 секун. Вода для охлаждения использовалась из р.Амур с температурой +20С. Нагрев воды при прохождении через систему составлял не более +2С.



РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

Уход и выдерживание бетона. Система водяного трубного охлаждения в ледорезной и верхней части опор.

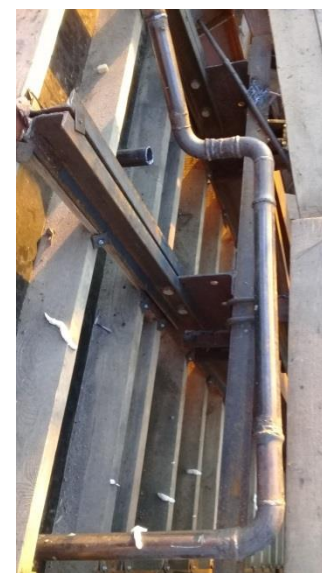




График измерения температуры бетона по времени ледорезная часть

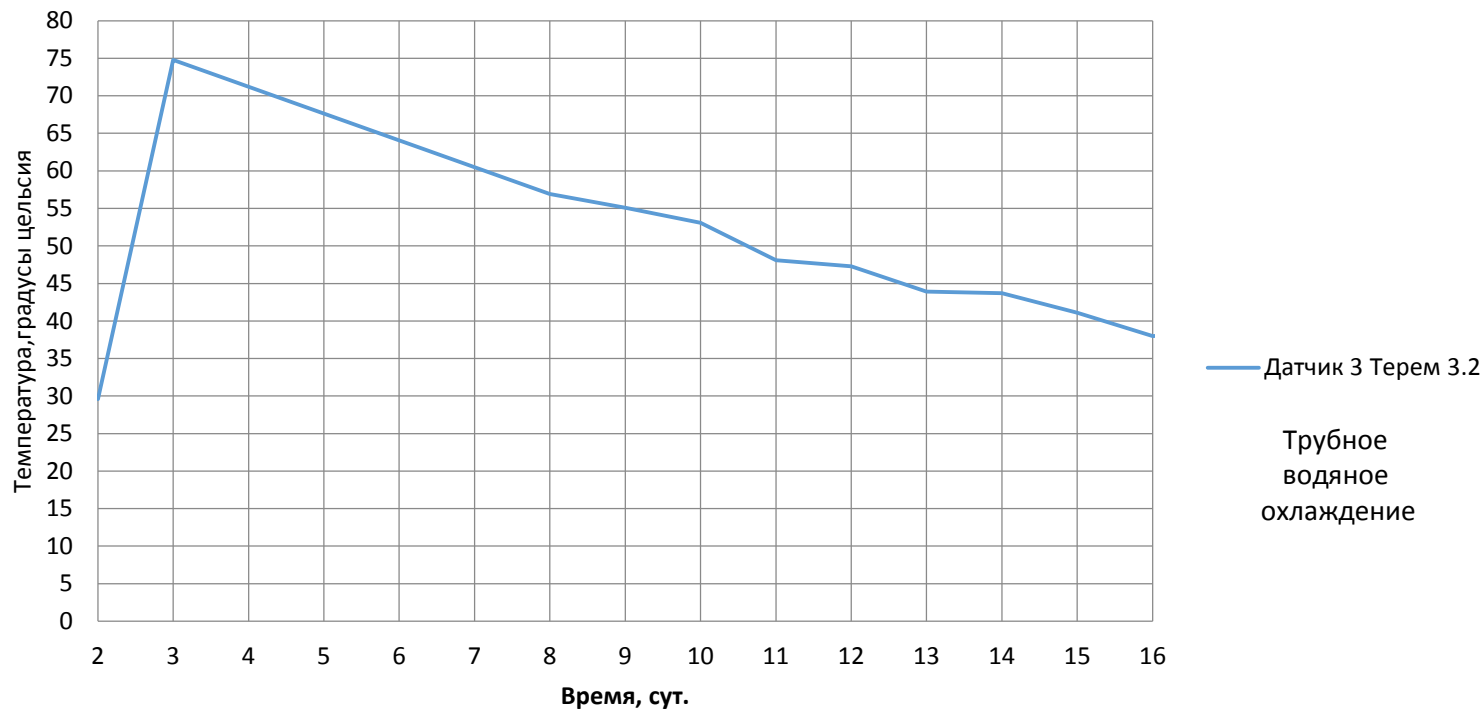




График изменения температуры бетона во времени на примере верхних частей опор

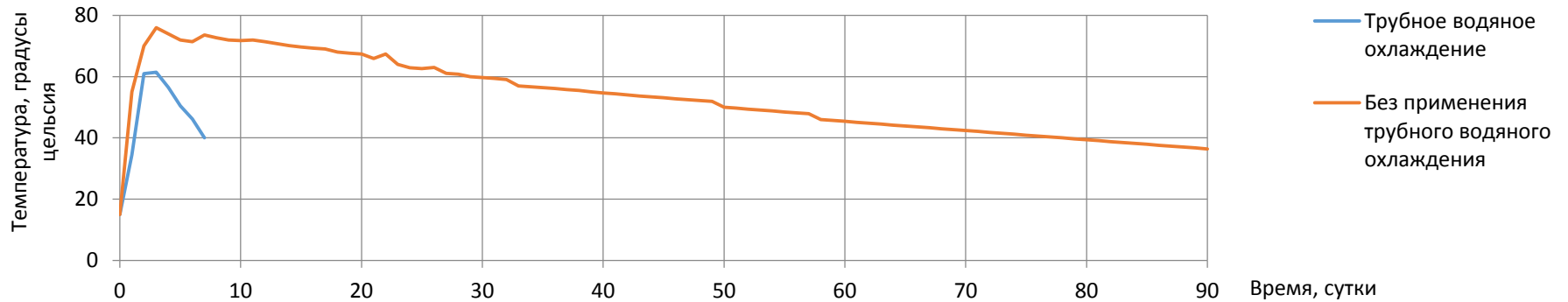
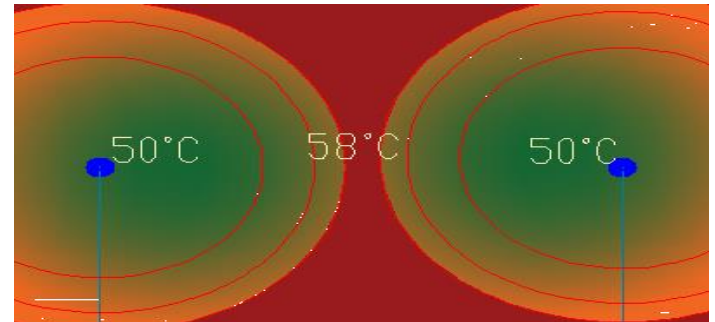
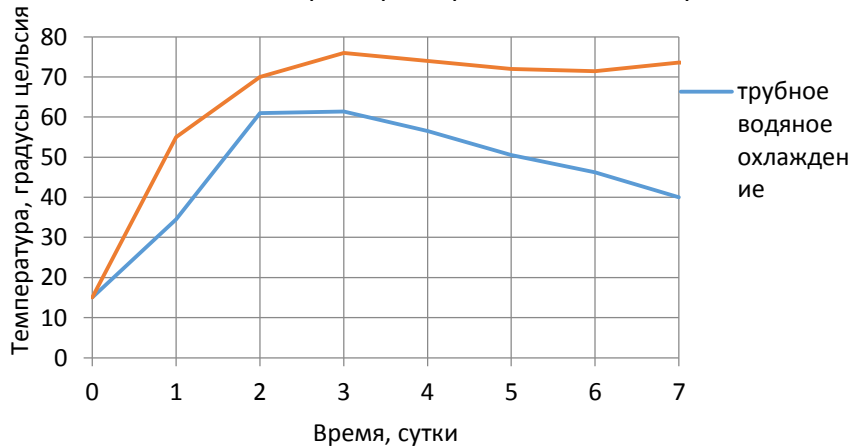


График изменения температуры бетона во времени на примере верхних частей опор

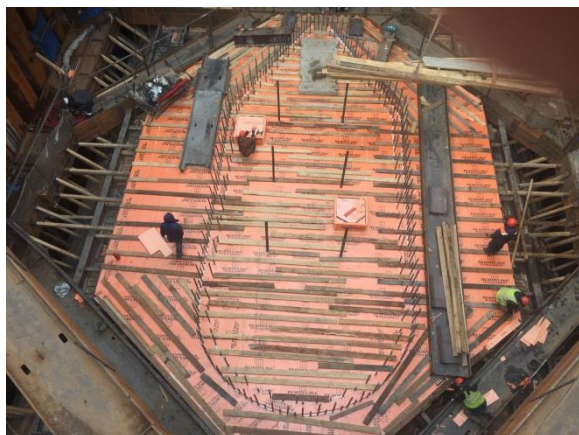




РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

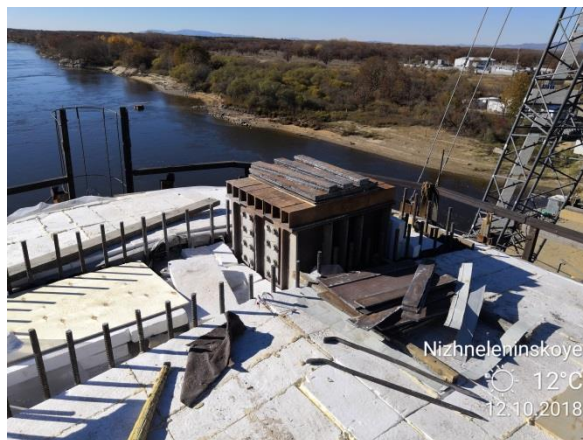
Ухода за бетоном конструкций опор



Ростверк опоры 4.
Утеплитель марки
Пеноплекс
(теплопроводность
 $0,028 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$), толщина
50-70 мм.
Герметичность.
Остывание блока 90
суток



Верхняя часть
опоры 4. Трубное
водяное
охлаждение
Остывание блока
7 суток



Верхняя часть опоры
3. Утеплитель марки
Пеноплекс
(теплопроводность
 $0,028 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$),
толщина 50 мм.
Остывание блока 90
суток



Ледорезная часть
опоры 4. Трубное
водяное
охлаждение
Остывание блока
16 суток



РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

Лабораторные испытания образцов бетона (кубов, цилиндров) на определение прочности на сжатие, на растяжение при изгибе, на определение марки по морозостойкости и водонепроницаемости



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«СТРОИТЕЛЬНАЯ КОМПАНИЯ»
ИНН 50/021/09936.С/Р/11 08/05/2016
Юридический адрес: Киреев 279. А/д. 67452
E-mail: belogorsk@skmst.ru

Лаборатория ООО «СК «Мост-Восток»
Заключение о состоянии
действительности до 07.06.2020г.

Место отбора пробы: (Объект)
Актуальное наименование контролируемого объекта
Пробирки и оборудование: Пресс-гидравлик
Дополнительное оборудование: Силомер
Метод испытаний: ГОСТ 10180-2012

Лаборатория ООО «СК «Мост-Восток»
Свидетельство об оценке состояния
измерений в лаборатории № 10
действительно до 11 марта 2019 г.

Испытания бетона
ускоренно

Форма образцов: кубы
Дата изготовления образцов:
Дата испытания:
Наименование:

Карта

Дата изготовления	Маркировка	Проектный класс	Условия твердения
18.06.2018	рестора 04/02	30	норм. 28 сут

Заключение: Фактическая прочность бетонных образцов на растяжение

Начальник лаборатории
Исполнитель

Начальник строительной лаборатории
Инспектор службы

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«СТРОИТЕЛЬНАЯ КОМПАНИЯ»
ИНН 50/021/09936.С/Р/11 08/05/2016
Юридический адрес: Киреев 279. А/д. 67452
E-mail: belogorsk@skmst.ru

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ

Объект: Уч. Нижнее
Гелические характеристики: Не указаны
Дата изготовления: Не указана

Приборы и оборудование:
Тип: Испытательная камера тип 3400/17 шк. № 048 аттестат: № 10706-16
Штатгенератор ПШБ-250-05, шк. № 0878 с/а-м о поверке № 111133
Пресс гидравлический И-125 шк. № 4400 с/а-м о поверке: № 090455
Весы электронные GP-206, шк. № 14700024 паспорт о поверке №С736.

Дата начала испытания	Условия испытаний	Класс бетона	Проектная марка бетона по морозостойкости	Масса образца	Размеры		Масса бетонного образца
					b	l	
31.07.18.	Образцы испытаны на сжатие после выдержки в течение 4 суток 5% раствора NaCl (контрольные образцы)	B30	F300	2428	176	104	2431
				2433	176	104	2429
				2431	176	104	2429
				2429	176	104	2429
				2426	176	104	2430
				2430	176	104	2431
26.07.18.	Образцы, наплавленные 5% р-ном NaCl, испытаны на сжатие после 8 цикла попеременного замораживания при -50 (-42) и оттаивания при +20 (+2) (основные образцы)	B30	F300	2431	176	104	2431
				2434	176	104	2430
				2435	176	104	2430
				2437	176	104	2431
				2430	176	104	2431
				2437	176	104	2431

Заключение: Соблюдаются условия п.6.2.4.2, согласно ГОСТ 12730.5-84

Начальник строительной лаборатории:
Испытание провел инспектор службы строительного контроля

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«СТРОИТЕЛЬНАЯ КОМПАНИЯ»
ИНН 50/021/09936.С/Р/11 08/05/2016
Юридический адрес: Киреев 279. А/д. 67452
E-mail: belogorsk@skmst.ru

Испытания бетонных образцов на водонепроницаемость ускоренным методом по ГОСТ 12730.5-84, прил. 4.

АКТ № 20-18У
Испытания бетонных образцов на водонепроницаемость ускоренным методом по ГОСТ 12730.5-84, прил. 4.
Размеры: 150*150
10.09.2018 г.
09.10.2018 г.
Уч. Нижнее/шк. Бетонирование верхней части и оголовка монолитной конструкции

Форма образцов: цилиндры
Дата изготовления образцов: 18.06.2018
Наименование образцов: рестора 04/02
Карта побора № 49
Номинальный состав бетонной смеси для верхней монолитной части опоры №3.4
W8 F300 W8

Результаты испытаний:

№№ цилиндров	Время падения раствора, сек	Скорость фильтрации, см/с	Марка бетона по W	Средняя прочность бетона в срезе, МПа
1	103	0,105-0,0728	W 8	3,3
2	108	0,105-0,0728	W 8	3,5
3	111	0,105-0,0728	W 8	3,3
4	116	0,105-0,0728	W 8	
5	120	0,0727-0,051	W 10	
6	125	0,0727-0,051	W 10	

Заключение: Образцы бетона относятся к марке по водонепроницаемости W8 согласно ГОСТ 12730.5-84 прил. 4, табл.7, и паспорту по использованию прибора типа «АГ/АМ»

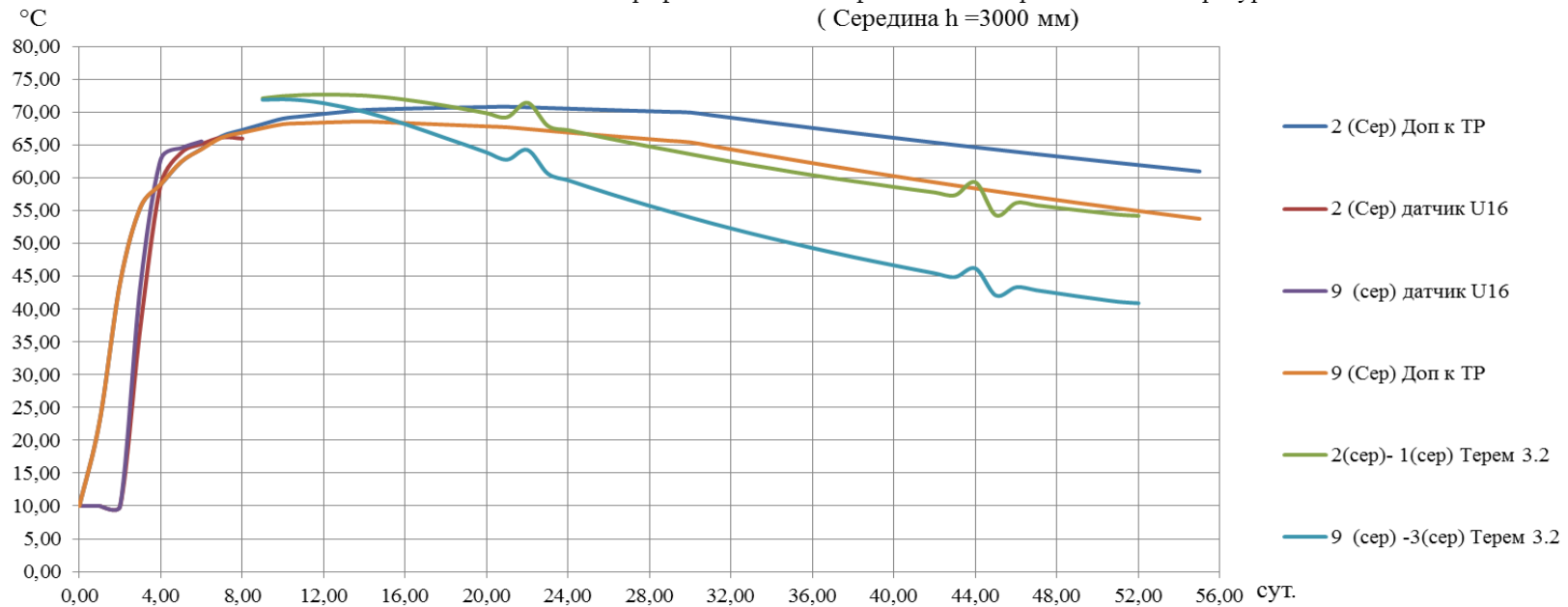
Начальник строительной лаборатории
Инспектор службы строительного контроля

Виноградова Н.А.
Шагурина Л.А.

Проектные требования, предъявляемые к бетону мостовых опор обеспечены и подтверждены протоколами испытаний



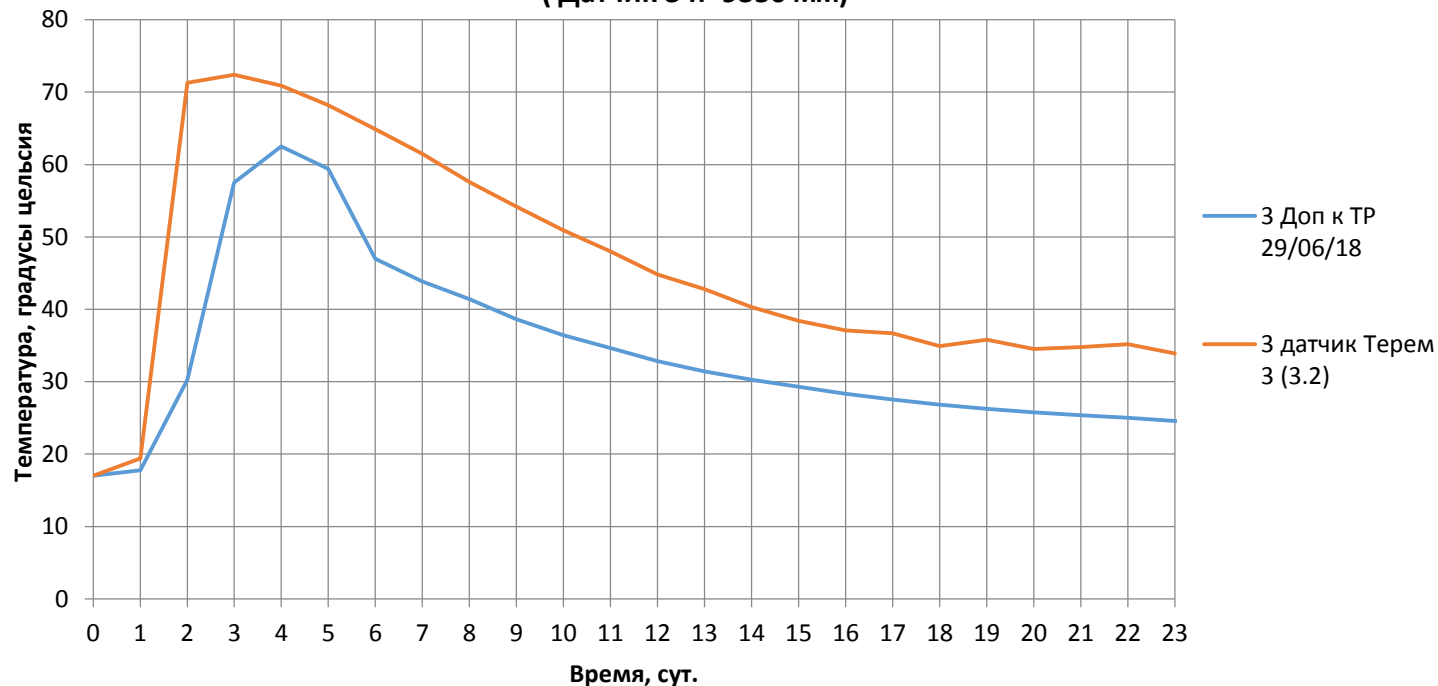
Рис.17. Графики изменения фактической и расчетной температуры бетона
(Середина $h = 3000$ мм)



Температура в ядре ростверка соответствует расчетной. Разница температур между фактическими и расчетными значениями не превысила 10-15°C. Максимально зафиксированная температура разогрева составила 72°C - расчетный максимум температуры 73°C. Следовательно, на 52 сутки твердения в ядре сохраняется нормальное термонапряженное состояние



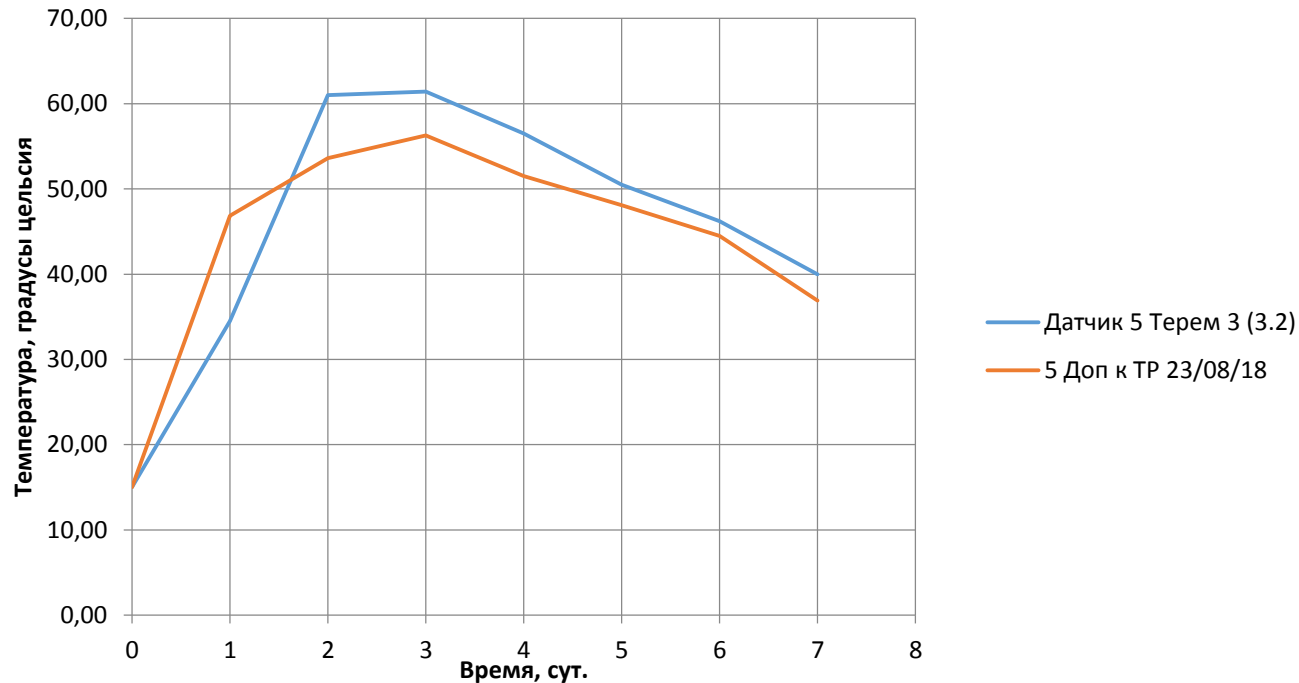
График изменения фактической и расчетной температуры по времени
(Датчик 3 h=9350 мм)



Температура в ядре ледорезной части на начальном этапе твердения 0-4 суток превысила расчетное значение на 25-27°C. Данное обстоятельство не является критичным, так как применяемый цемент имеет более высокую активность. В интервале от 8 суток до 28 суток расхождение температур не превышало 10-17°C. Максимально зафиксированная температура в ядре составила 74,8°C.



График изменения температуры во времени
(Датчик 5 Ядро h=5000 мм)



Температура в ядре верхней части опоры соответствует расчетному. Развитие фактических температур соответствует расчету. Максимальное превышение фактических значений над расчётными составляет 8С, что соответствует требованиям СП и удовлетворяет критериям, назначенных в дополнениях к ТР. Максимально зафиксированная температура составила 61,4С (3 сутки после начала укладки БС).



РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

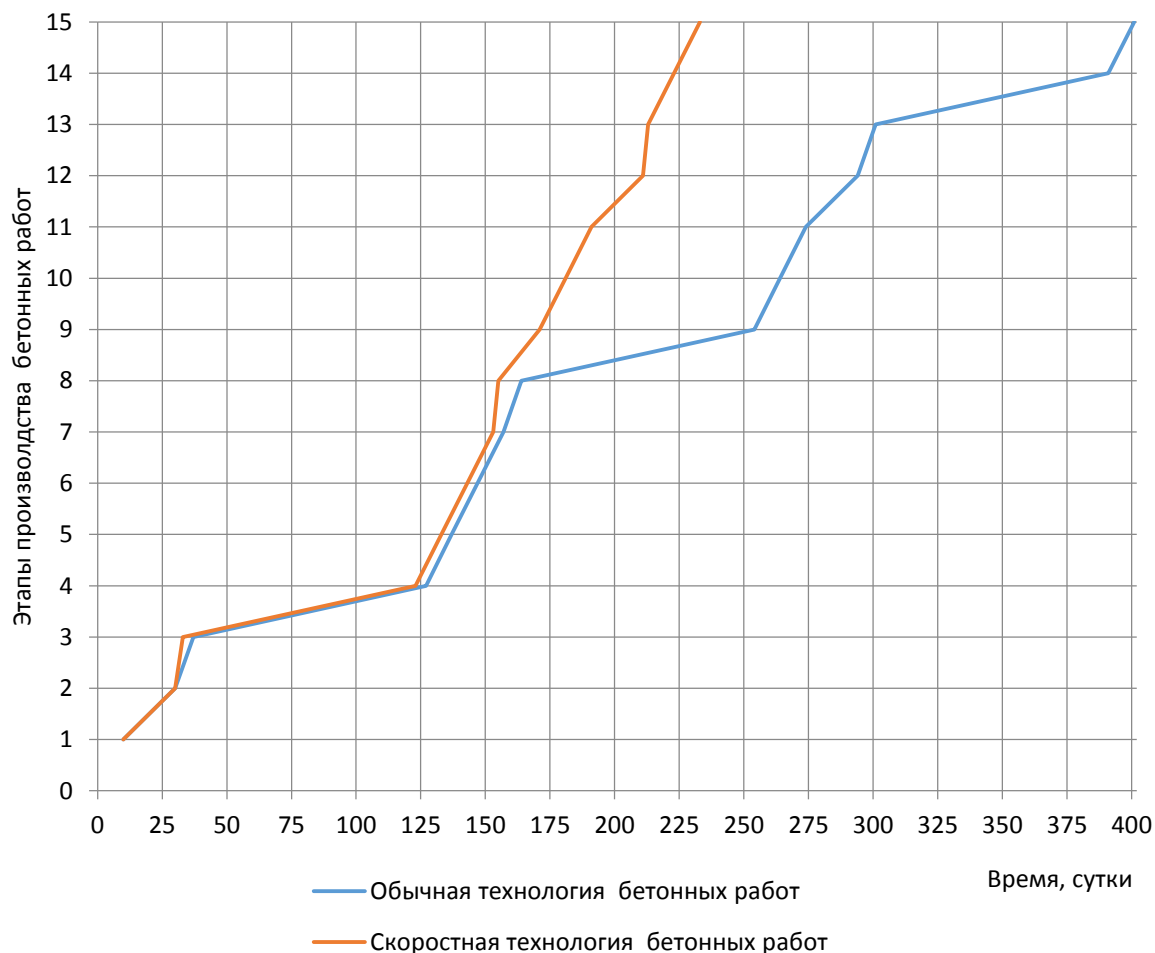
Календарный график работ по возведению 1 опоры



168 суток

233

401



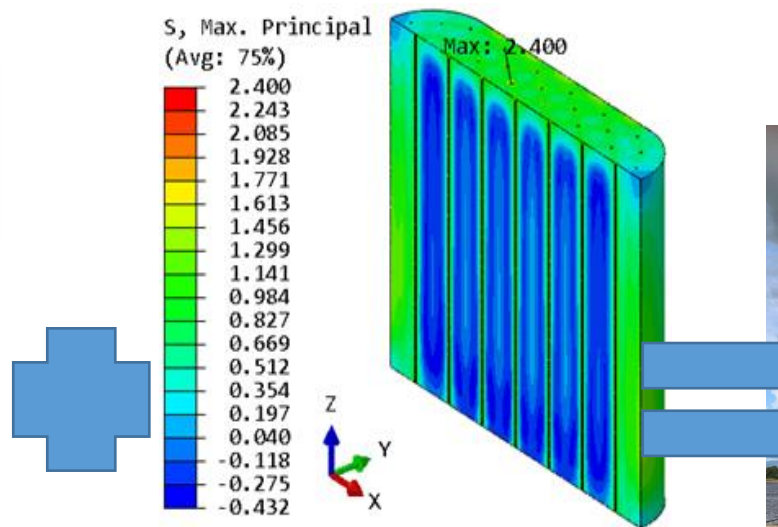
Этапы	Наименование работ
1	Установка арматуры ростверка
2	Установка опалубки ростверка
3	Приготовление и укладка бетонной смеси ростверка
4	Выдерживание в опалубке и уход за бетоном ростверка
5	Снятие опалубки ростверка
6	Установка арматуры ледорезной части
7	Установка опалубки ледорезной части
8	Приготовление и укладка бетонной смеси ледорезной части
9	Выдерживание в опалубке и уход за бетоном ледорезной части
10	Снятие опалубки ледорезной части
11	Установка арматуры верхней части
12	Установка опалубки верхней части
13	Приготовление и укладка бетонной смеси верхней части
14	Выдерживание в опалубке и уход за бетоном верхней части
15	Снятие опалубки верхней части

Сокращение сроков возведения конструкции

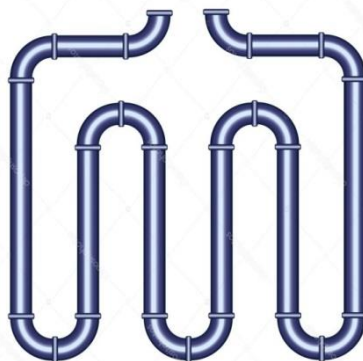
Технология бетона



Мероприятия по уходу



Скоростная технология



сокращение сроков
на 168 суток

Результаты и выводы

- В совокупности сроки производства бетонных работ по 1 опоре мостового железнодорожного перехода сократились на 168 суток (с 401 суток до 233 суток).
- Качество бетонных работ оценено на высочайшем уровне: обеспечена монолитность и трещиностойкость конструкций мостовых опор, а прочность бетона даже превысила проектные значения.



РусГидро

ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева

**Акционерное общество «Всероссийский
научно-исследовательский институт
гидротехники имени Б.Е. Веденеева»**

195220, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Гжатская, д. 21, корп. 1
тел/факс: +7 812 535 54 45, 535 67 20
e-mail: vniig@vniig.ru



**Научно-Производственный
Центр Материалов и Добавок**

195220, Россия, Санкт-Петербург,
ул. Гжатская, д. 21, корп. 1, офис 139
тел/факс: 8 (812) 535-64-78, 290-96-60
www.np-cmid.ru , zakaz@np-cmid.ru