

Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spb.ru



Транспорт бетонной смеси при строительстве уникальных зданий и сооружений

М.В. Комаринский¹, Н.А. Червова²

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет», 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.

Информация о статье

УДК 69

Научная статья

История

Подана в редакцию 25 декабря 2014
Принята 22 января 2015

Ключевые слова

транспорт бетонной смеси,
бетоновоз,
конвейер,
бетононасос,
кран

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены современные машины для транспортировки бетонной смеси к объекту и схемы подачи в блоки бетонирования для строительства уникальных зданий и сооружений. Целью данной статьи является показать современный уровень отечественной и зарубежной техники для транспортировки и подачи (укладки) бетонных смесей в уникальные объекты строительства. Проведена классификация транспортных схем и способов подачи бетонной смеси в блоки бетонирования.

Содержание

1. Введение	8
2. Выбор транспортной схемы	8
Автомобильный транспорт	9
2.1.1. Автосамосвалы	9
2.1.2. Автобетоновозы	10
2.1.3. Автобетоносмесители	11
2.2. Конвейерный транспорт	12
2.3. Бетононасосный транспорт	13
3. Подача бетонной смеси в блоки бетонирования	15
3.1. Автотранспортный способ	15
3.2. Конвейерный и бетононасосный способы	16
3.3. Крановый способ	17
4. Заключение	21

2

Контактный автор:

+7 (921) 899 7588, nikitoi@mail.ru (Червова Никита Андреевна, студент)

1

+7 (812) 297 5949, komarin@cef.spbstu.ru (к.т.н., доцент Комаринский Михаил Викторович)

1. Введение

При строительстве, в том числе уникальных зданий и сооружений: наземных (например, высотных и большепролетных), подземных и энергетических объектов ключевой является применяемая технология. Она напрямую влияет на продолжительность и стоимость строительства и должна быть обеспечена строительными машинами и оборудованием. Совершенствование и использование новой техники позволяет применять новые конструктивные и технологические решения.

Целью данной статьи является показать современный уровень отечественной и зарубежной техники для транспортировки и подачи (укладки) бетонных смесей в уникальные объекты строительства.

2. Выбор транспортной схемы

Транспортная схема бетонных работ представляет собой комплекс машин, механизмов, транспортных коммуникаций и приспособлений, обеспечивающих доставку бетонной смеси от бетонного завода до места укладки [1-5]. Иногда доставку обеспечивает один вид транспорта, иногда приходится применять несколько видов. В связи с этим в общем случае транспортную схему можно разбить на две составные части:

- транспорт от бетонного завода до сооружения (горизонтальный транспорт);
- подача бетонной смеси в блоки бетонирования (вертикальный транспорт).

Для каждой из этих составляющих имеются свои типы машин, выполняющие или функции только одной части или совмещающие общие функции. Транспортная схема не остается постоянной, изменяясь для разных этапов строительства и для различных частей сооружения по мере роста сооружений по высоте [6-14].

Выбор транспортной схемы и конкретных типов машин зависит, прежде всего, от дальности транспортировки, компоновки и размеров сооружений, а также от свойств бетонной смеси, топографических, климатических и организационных условий [15-28]. Наибольшее распространение в процессе строительства нашли транспортные схемы с использованием для горизонтального транспорта различных видов специальных автомобилей, а для подачи в блок стреловых и башенных кранов, кабель-кранов, конвейеров, бетононасосов и пневмобетоноукладчиков.

При небольших дальностях транспортировки (в пределах 1-2 км) можно рассматривать применение конвейерного вида как горизонтального, так и наклонного (вертикального) транспорта. При меньших дальностях (в пределах 0,5 км) возможно применение бетононасосного вида транспорта или пневмобетоноукладчиков.

Выбранная транспортная схема бетонной смеси и средства транспорта должны обеспечивать для данных конкретных дорожных и климатических условий доставку бетонной смеси требуемой подвижности (жесткости) на всем пути от бетонного завода до места укладки. В соответствии с общими положениями, транспортная схема должна удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать требуемую расчетную интенсивность бетонных работ;
- гарантировать транспортировку смесей требуемой подвижности и крупности зерен заполнителя;
- обеспечивать сохранность однородности смеси, т.е. нерасслаиваемость смеси в пути;
- исключать потери раствора и смеси в пути и при перегрузках;
- предохранять бетонную смесь от прямого воздействия атмосферных осадков, ветра, прямых солнечных лучей, мороза и др.

Разнообразные виды транспорта по своим конструктивным особенностям в различной степени удовлетворяют этим требованиям. При выборе конкретного вида транспорта для определенных условий требуется проверить соответствие его технических характеристик этим требованиям и при необходимости предусмотреть дополнительные приспособления или дорожные и организационные мероприятия для обеспечения конкретных требований (тенты, обогрев, уплотнения, тип дорожного покрытия, уклоны дорог и т.д.).

Особенности конструкций и технические характеристики различных видов транспорта приводятся в соответствующих справочниках, каталогах. Здесь приведем краткие рекомендации по их выбору.

Для транспортировки бетонной смеси от бетонного завода до сооружения применяют как циклические виды транспорта (автомобильный, ж/д) так и непрерывные (ленточные конвейеры).

Автомобильный транспорт

Выбор конкретного вида автотранспорта зависит от его технико-экономических характеристик, свойств бетонной смеси, дальности транспортировки. В принципе желательно для транспортировки бетонной смеси использовать специализированные виды транспорта - автобетоновозы и автобетоносмесители.

Допустимые расстояния транспортирования бетонной смеси с использованием автотранспорта при различных дорожных покрытиях и подвижностях бетонной смеси приведены в таблице 1.

Таблица 1. Допустимые расстояния транспортирования бетонных смесей при температуре воздуха 20-300°С.

Подвижность бетонной смеси, см	Вид дорожного покрытия	Скор. транспортирования, км/ч	Расстояние, км				
			Автосамосвалы	Автобетоновозы	Автобетоносмеситель и		
					Режим		
А	Б	В					
1-3 4-6 7-9 10-14	Жесткое (асфальтобетонное, цементобетонное)	30	30 20 15 10	До 45 30 20 15	Не ограничивается	До 120 100 80 60	До 100 80 60 45
1-3 4-6 7-9 10-14	Мягкое (грунтовое, улучшенное)	15	7,5 5,0 3,7 2,5	12 8 5,4 4,0	Не рекомендуется		

Примечание. Режимы работы автобетоносмесителя:

А – сухие бетонные смеси с подачей воды за 10-20 мин до разгрузки;

Б – частично затворенные смеси с перемешиванием в пути;

В – готовые бетонные смеси с перемешиванием в пути.

2.1.1. Автосамосвалы

Наиболее распространен автомобильный вид общестроительного транспорта - самосвалы (таблица 2). Общестроительные самосвалы используют обычно при дальности транспортировки в среднем до 15 км без применения замедлителей схватывания бетонной смеси. При применении замедлителей схватывания (в частности, кормовой сахарной патоки) дальность транспортировки может быть увеличена до 50-70 км. В связи с тем, что общестроительные самосвалы конструктивно не полностью удовлетворяют требованиям к транспорту бетонной смеси, требуется их частичное дооборудование (наращивание бортов на 40-50 см, дополнительные резиновые уплотнения щелей, тенты, обогрев кузова и т.д.). Объем бетонной смеси перевозимый автосамосвалами, принимается кратным объему бетоносмесителей бетонного завода по выходу.

Таблица 2. Технические характеристики некоторых автосамосвалов

Параметры	Марки						
	ЗИЛ - 45085	КАМАЗ- 65111	МАЗ- 551605	КрАЗ- 65032	УРАЛ - 583106	БелАЗ- 75406	Татра 815-290S8T
Грузоподъемность, т	6	14	20	18	25	30	30
Объем кузова (без надставки), м ³	3,8	8,2	10,5	12	16	15	18
Направление разгрузки	Назад	Назад	Назад	Назад	Назад	Назад	Назад
Максимальная скорость, км/ч	85	90	92	75	100	50	-

Основных производителей на рынке большегрузных самосвалов не много. Первенство по числу выпускаемых машин держит БелАЗ, в состав которого еще в 2004 году вошел Могилёвский автозавод. На рынке зарубежных крупных самосвалов лидирует Caterpillar. Деятельность этой компании в сфере производства таких автосамосвалов началась в 1963-м с выпуска 35-тонного самосвала Caterpillar 769. До этого компания выпускала одно- и двухосные тягачи для самосвальных прицепов и полуприцепов Athey. На современном этапе компания выпускает девять моделей большегрузных автосамосвалов и четыре базовые модели строительных самосвалов с шарнирно-сочлененной рамой, не считая машин Elphinston, собираемых в Австралии.

Следом за Caterpillar идет компания Komatsu, и основу ее производства составляют самосвалы грузоподъемностью 25...300 т, в том числе модели, доставшиеся в наследство от Dresser. Активно конкурируют с этими гигантами на рынке компании Terex и Hitachi. В секторе сочлененных самосвалов выделяются компании CNH, Bell и Volvo, но основной упор они делают на использование своих машин в дорожном строительстве.

2.1.2. Автобетоновозы

Специализированные машины и являются наиболее современным видом транспортирования готовой бетонной смеси (рисунок 2., таблица 3). Они имеют высокие закрытые кузова каплевидной формы, расположенные в зоне минимальной вибрации рамы автомобиля, благодаря чему обеспечивается сохранность бетонной смеси от расслоения. Последнее позволяет увеличить дальность транспортирования бетонной смеси по сравнению с автосамосвалами. Для предохранения смеси от воздействия атмосферных осадков и ветра кузов снабжен крышкой, а для предохранения смеси от воздействия низких отрицательных температур — двойной обшивкой, образующей термоизолирующие полости между ее листами, которые позволяют утеплить кузов термоизоляционным материалом в особо суровых климатических условиях. Так же, для сохранения температуры смеси в холодное время года емкость может иметь двойные стенки, между которыми циркулируют выхлопные газы автомобиля. Разгрузка емкости осуществляется ее опрокидыванием (как у самосвала) с помощью двух телескопических гидроцилиндров. Угол наклона днища емкости при разгрузке составляет 90°.

Автобетоновозы обеспечивают как порционную, так и непрерывную выгрузку бетонной смеси. При транспортировке по дорогам с жестким покрытием автобетоновоз может перемещаться со скоростью до 50 км/ч.

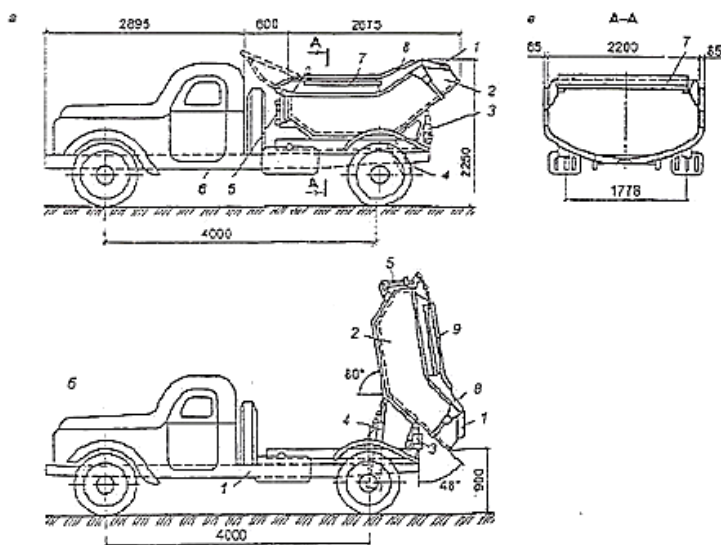


Рисунок 1. Автобетоновоз СБ-113

а - транспортное положение;
б - положение разгрузки;
в - поперечный разрез кузова.

1- открытая часть кузова; 2- кузов; 3- упор; 4- телескопический подъемник; 5 – гидравлический цилиндр для открывания и закрывания крышки кузова; 6 – шасси; 7- крышка в закрытом положении; 8- закрытая часть кузова; 9- крышка в открытом положении.

Таблица 3. Технические характеристики некоторых автобетоновозов

Показатели	Марки				
	СБ-113	СБ-113М	АБ-2	СБ-124	СБ-128
Базовый автомобиль	ЗИЛ-130Д	МАЗ-504Г	МАЗ 503А	КАМАЗ 5511	КрАЗ 6505
Вместимость кузова, м ³	1,6	3	3,2	4	6
Грузоподъемность, т	3,8	6,6	8	8,5	14

2.1.3. Автобетоносмесители

Автобетоносмесители (рисунок 3, таблица 4.) предназначены для приготовления бетонной смеси в пути следования из отдозированных исходных материалов или для транспортировки готовой бетонной смеси с периодическим перемешиванием ее в пути. Автобетоносмесители применяются при больших дальностях или времени транспортировки, при строительстве рассредоточенных и линейно протяженных сооружений и перевозки сильно расслаиваемых высокоподвижных и литых бетонных смесей (с осадкой конуса > 16 см) [29, 30]. Дальность транспортирования зависит от времени схватывания бетонной смеси (до 15—25 км). В случае перевозки сухой смеси барабан загружают сухими составляющими, а воду заливают в дозировочно-промывочный бак 3. В пути (за 5—10 мин до подъезда к месту назначения) барабан приводится во вращение и заливается необходимое количество воды. В результате этого к месту строительства доставляется готовая бетонная смесь. Выгрузка готовой смеси осуществляется при вращении барабана в обратную сторону. Для транспортировки бетонной смеси к массивным бетонным сооружениям их использование нерационально. Серьезным недостатком автобетоносмесителей является их большая масса и малая проходимость, что усложняет и ограничивает их использование на дорогах с грунтовым покрытием.

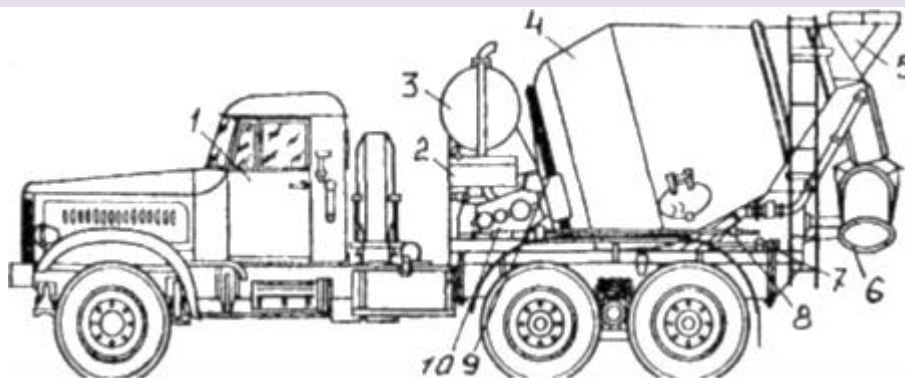


Рисунок 2. Автобетоносмеситель

1 - базовый автомобиль; 2 - центробежный насос; 3 - бак для воды; 4 - смесительный барабан; 5 - загрузочная воронка; 6 - разгрузочное устройство; 7 - переходная рама; 8 -дозатор воды; 9 - цепной привод смесительного барабана; 10 – редуктор.

Таблица 4. Технические характеристики некоторых автобетоносмесителей

Показатели	Марки				
	СБ-159	СБ-127	АМ-6ЕН	42184-03	АМ-9НА
Модель автомашины	КАМАЗ 5511	КАМАЗ 5412	КрАЗ-250	Седелный тягач	КрАЗ-258
Объем барабана, м ³	8	10	10	11,6	15
Выход смеси	5	6	6	7	9

2.2. Конвейерный транспорт

Конвейерный транспорт может применяться как для транспортирования бетонной смеси от бетонного завода до сооружения, так и для ее подачи в блок и распределения по блоку. Рационально применять этот вид транспорта в сочетании с бетонными заводами непрерывного действия. Главное преимущество конвейерного транспорта - большая производительность. Недостатками являются большое количество перегрузок и, следовательно, повышенное расслоение бетонной смеси, сложность прокладки трасс и обеспечения условий незамерзания смеси (утепление галерей). Кроме того, область применения ограничивается транспортировкой относительно жестких бетонных смесей с осадкой конуса до 4-6 см. При серийно выпускаемых в настоящее время конвейерах общего назначения рациональная дальность транспортирования не превышает 2 км.

Магистральные конвейеры общего назначения выпускаются секциями длиной 400-500 м с шириной ленты до 1200 мм, со скоростью движения ленты 1 м/с.

Для приема бетонной смеси с магистральных конвейеров и распределения ее по блокам применяют переставные конвейеры длиной 10-15 м или ленточные бетоноукладчики с конвейером, смонтированным на стационарной или выдвигной стреле.

По мере совершенствования конструкций транспортеров и выпуска специальных транспортеров для транспортировки бетонной смеси область их применения будет значительно расширяться. Так, в практике работы зарубежных фирм "Ротек", "Свингер" и других в последнее время находят широкое применение высокоскоростные конвейеры со скоростями до 5 м/с. Конструктивные решения таких конвейеров позволяют компоновать их как для горизонтального транспорта, так и вертикального подъема и распределения смеси по блоку. Применение высокоскоростных конвейеров уменьшает расслоение бетонной смеси и позволяет увеличить допустимый угол наклона до 30° вместо 18° при обычных конвейерах. Имеется эффективная установка мобильной конвейерной системы для укладки бетонной смеси на телескопической стреле пневмоколесного крана (рисунок 3, таблица 5).



Рисунок 3. Мобильный 5-ти секционный телескопический ленточный транспортер фирмы “Путцмайстер” – ТВ 39/130 (Telebelt)

Таблица 5. Технические характеристики самоходных ленточных бетоноукладчиков

Показатели	СБ-131	ЛБУ-20	ТБС-30/500	S-Swinger	Rotek	Путцмайстер ТВ 39/130
Производительность, м ³ /ч	20	25	100	90	>100	275
Вместимость приемного бункера, м ³	2,0	2,4	3,0	-	-	-
Вылет стрелы ленточного конвейера, м.	12	3-20	30	9,8-23	35	39
Наибольший угол подъема конвейера, град.	18	18	18	30	30	30
Наибольший угол опускания конвейера, град.	12	12	20	4	-	-
Угол поворота стрелы или платформы в плане, град.	160	180	60	220	300	-

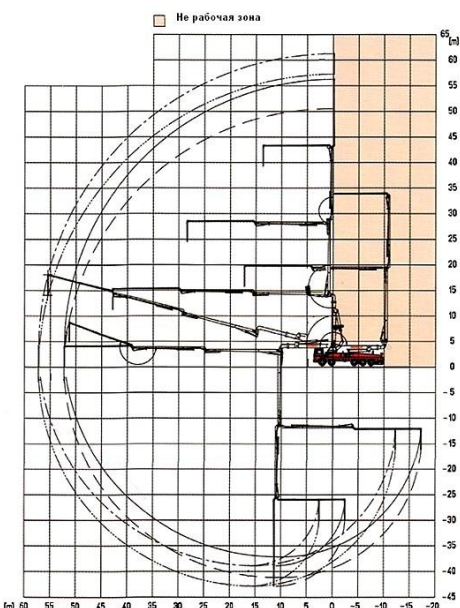


Рисунок 5. Рабочие зоны пятисекционной распределительной стрелы автобетононасоса SERMAC 5TR62

2.3. Бетононасосный транспорт

Бетононасосный транспорт обеспечивает в определенных пределах как горизонтальное, так и вертикальное перемещение (перекачку) бетонной смеси.

По конструктивному исполнению бетононасосы подразделяются на стационарные и мобильные автобетононасосы, в основном с гидравлическим приводом перекачки смеси (рисунок 4) [31].

В комплект автобетононасоса входит секционная распределительная стрела и стационарные бетоноводы с диаметром, в основном, 125мм, состоящие из звеньев труб длиной по 3 м, соединяемые быстроразъемными замками.

Преимуществами использования бетононасосного транспорта являются удобство применения его в стесненных условиях, независимость от погодных условий, меньшие энерго- и трудозатраты по сравнению с другими видами, применимыми в этих условиях,

уменьшение календарных сроков [32-34].

К недостаткам можно отнести использование более дорогого удобоперекачиваемого бетона с повышенным

содержанием долей цемента и песка и ограничением по крупности максимальной фракции крупного заполнителя (1/3 диаметра бетоновода).

На рисунке 5 приведена диаграмма рабочих зон автобетононасоса SERMAC 5TR62. Максимальная высота подачи с использованием распределительной стрелы по вертикали – 61,25м, по горизонтали – 52,5 м и подача вниз – 43м.

Бетононасосный вид транспорта в энергетическом строительстве до последнего времени применялся в основном для отделок туннелей. Совершенствование конструкции бетононасосов расширило область их применения и привело к эффективности их использования при бетонировании уникальных наземных густоармированных конструкций и элементов сооружений в труднодоступных местах (при возведении зданий ГЭС, трубопроводов и других тонкостенных конструкций)

Ранее действующими техническими условиями ограничивалась перекачка высокоподвижных и литых бетонных смесей. Однако новейшие исследования показали возможность и целесообразность перекачки таких смесей с применением специальных воздухововлекающих добавок, супердобавок и комплексных, предотвращающих расслоение бетонной смеси (например, С-3+ЛХД и т.п.). Использование литых самоуплотняющихся бетонных смесей позволяет снизить сопротивление движению по бетоноводу, использовать безвибрационную и напорную технологии укладки [35-66].

Российские производители выпускают размерную линейку машин для разных областей бетонных работ, как правило, по кооперации с зарубежными фирмами. Производительность отечественных бетононасосов изменяется в пределах 5-120 м³/ч. Приведенная длина горизонтального транспорта - до 450 м, вертикальный подъем до 95 м (Таблица 6). Так, серия автобетононасосов выпускается Россией совместно с итальянской фирмой "ANTONELLI s.r.l.". В автобетононасосах АБН 37, АБН 42 и АБН 47 применяется металлоконструкция распределительных стрел и опор фирмы "ANTONELLI s.r.l." (Италия).

Таблица 6. Технические характеристики некоторых отечественных бетононасосов

Показатели	Марки			
	СБ-161	БН 80-26	АБН-32	АБН-47
Тип	стационар.	с распр.стр.	с распр.стр.	с распр.стр.
Техническая производительность, м ³ /ч	5-65	5-80	75	120
Вылет распределительной стрелы (высота), м	-	26	32	47
Наибольшая дальность подачи:				
- по горизонтали	350	400	450	450
- по вертикали	80	80	95	95
Объем приемного бункера	0,7	0,4	0,7	0,7

В настоящее время, наряду с зарекомендовавшими себя зарубежными фирмами: "Vibay", "Schwing-Shtetter", "Putzmeister" (Германия) на российский рынок выходят ведущие итальянские (Sermac, Cifa, Coime) и южно-корейские производители (КСР, DCP) (Таблица 7.) с высоким уровнем соотношения цена/качество и оперативного сервиса. Преимущества спецтехники Coime:

- простота и надежность (не используется сложное электронное оборудование, которое затрудняет эксплуатацию и ремонт в условиях России);

- приспособленность к суровым климатическим условиям (Coime выпускает совместно с финской компанией Saraka строительную технику для скандинавских стран и уверенно лидирует на этих рынках); использование высокоэффективных шасси и комплектующих ведущих европейских производителей. По заказу возможно исполнение автобетононасосов в специальной "зимней" комплектации с существенно переработанной системой управления.

Производители из Южной Кореи DCP, КСР (Кей Си Пи). В их производственной линейке присутствуют машины, с распределительной стрелой начиная от 24-х метров и до рекордных 65-и. Эта

машина является уникальной по длине стрелы и производительности, 225 м³/ч. Для изготовления насосных групп используется шведская сталь и гидравлическое оборудование ведущих японских (Kawasaki) и европейских (Bosch-Rexroth) производителей. Cifa - компания наряду с немецкими производителями, такими как Putzmeister и Schwing, является мировым лидером в производстве бетонной техники. На рынках США и Италии она занимает одно из ведущих мест по количеству проданных автобетононасосов. В качестве несущего шасси используются автомобили производителей: Astra, Iveco, MAN, Volvo, Mercedes-Benz и Scania. Ассортиментный ряд самих насосных установок позволяет удовлетворить практически любые потребности современного строительства.

Самым мощным автобетононасосом на сегодня стал Putzmeister M 70-5.

В последнее время все более широкое применение находят распределительные стрелы - манипуляторы (присоединяются к магистральному бетоноводу, идущему от бетононасоса), обеспечивающие подачу бетонной смеси в различные точки бетонируемых блоков. Радиус, действия таких стрел до 35м.

Таблица 7. Технические характеристики некоторых автобетононасосов зарубежных фирм

Показатели	Марки				
	Швинг-Штеттер S 61 SX Германия	Путцмайстер M 70-5 Германия	Сермак 6TR65 Италия	Daewoo DCP 52 RZ Ю.Корея	Cifa K52 L XRZ Италия
Регулируемая тех. производительность м ³ /ч	до 138	до 200	до 184	до 225	до 179
Вылет распределительной стрелы, м	61	69,3	65	52	52
Наибольшая дальность подачи:					
- по горизонтали, м	450	400	-	-	-
- по вертикали, м	80	60	-	-	-
Объем приемного бункера	0,5	0,5	0,6	0,6	0,65

3. Подача бетонной смеси в блоки бетонирования

Рассмотренные выше горизонтальные виды транспорта при определенных условиях могут использоваться также и для подачи бетонной смеси в блоки бетонирования или вообще употребляться только для этой цели. При этом можно выделить следующие основные способы подачи бетонной смеси в блоки бетонирования [67]:

- автотранспортный со специальных бетоноукладочных мостиков или эстакад;
- конвейерный;
- бетононасосный;
- крановый.

3.1. Автотранспортный способ

Автотранспортный способ может быть использован для подачи смеси в блоки невысоких распластанных сооружений и в блоки, расположенные в основании сооружений. Для этой цели устраивают специальные бетоноукладочные мостики или эстакады для въезда автотранспорта (рис.6). Разгрузку бетонной смеси осуществляют или непосредственно в блок свободным сбрасыванием через специальные окна в мостиках (при высоте сброса не более 6м для неармированных конструкций и 2 м для армированных) или в бункера с последующей подачей в блок по хоботам или виброхоботам (рис.7). Однако следует заметить, что устройство бетоноукладочных мостиков или эстакад требует расхода большого количества металла, а также соответствующего времени для их монтажа. Поэтому наблюдается тенденция отказа от таких решений – они применяются только в случае нецелесообразности других решений.

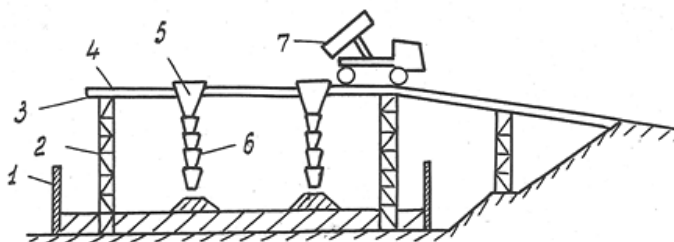


Рисунок 6. Схема установки бетоноукладочных мостиков для подачи бетонной смеси автосамосвалам

1 - опалубка; 2 - опоры мостика; 3 - несущие балки;
4 - съемный настил; 5 - приемный бункер; 6 - хоботы;
7 - бетоновозный транспорт

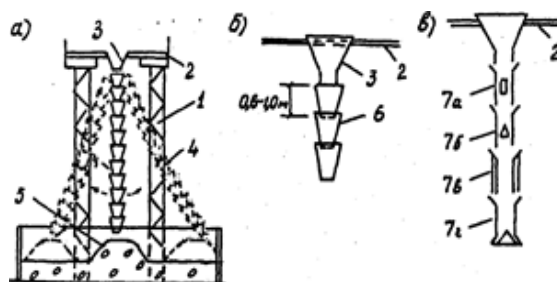


Рисунок 7. Схемы подачи бетонной смеси с высоких этажад: а) общая; б) схема хобота; в) схема виброхобота.

1 - опоры этажады; 2 - пролетное строение;
3 - приемный бункер; 4 - хобот или виброхобот;
5 - бетонизируемый блок; 6 - звенья хобота;
7 - звенья виброхобота: (7а - с вибраторами,
7б - с гасителями; 7в - с обогревом; 7г - звено с
кольцевым гасителем)

3.2. Конвейерный и бетононасосный способы

Конвейерный и бетононасосный способы применяются при использовании соответственно конвейерного или бетононасосного оборудования (Рисунок 8, 9). Условия их использования для подачи в блок обуславливаются техническими возможностями соответствующего оборудования. При использовании обычного серийного конвейерного транспорта со скоростью 1 м/с угол наклона транспортеров не должен превышать 18°. При применении новых высокоскоростных конвейеров угол наклона может быть увеличен до 30°.

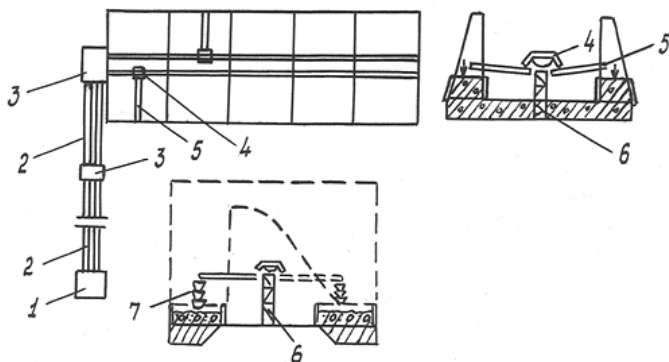


Рисунок 11. Схема конвейерного транспорта бетона

1 - бетонный завод; 2 - магистральные стационарные конвейеры 3 - перегрузочные узлы; 4 - продольные распределительные транспортеры со сбрасывающими тележками; 5 - поперечные распределительные транспортеры; 6 - эстакада; 7 - хоботы.

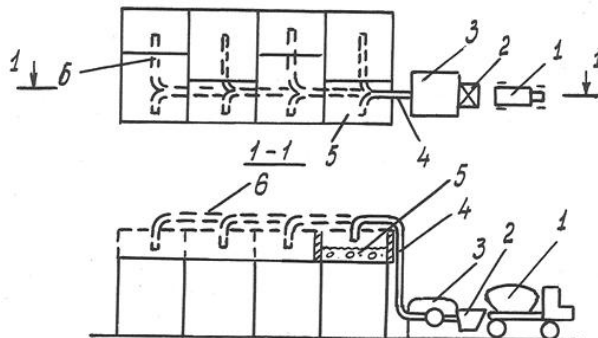


Рисунок 9. Схема подачи бетонной смеси в блоки бетононасосами:

1 - автобетоновоз; 2 - приемный бункер бетононасоса; 3 - бетононасос; 4 - бетоновод; 5 - бетонизируемый блок; 6 - последовательность наращивания бетоновода.

3.3. Крановый способ

Крановый способ наиболее широко применяется для подачи бетонной смеси в блоки бетонирования. Общая транспортная схема выглядит следующим образом. Автосамосвалы доставляют бетонную смесь к месту работы кранов, разгружают ее в бадьи, которые затем кранами различных видов подаются в блок. При этом в зависимости от размеров сооружений и их компоновки могут быть применены схемы с расположением кранов:

- на поверхности земли (рисунок 10);
- на эстакадах (рисунки 11, 12);
- на бетонировемых сооружениях (рисунки 13, 14);
- на бортах долины (кабель - крановый) (рисунок 15).

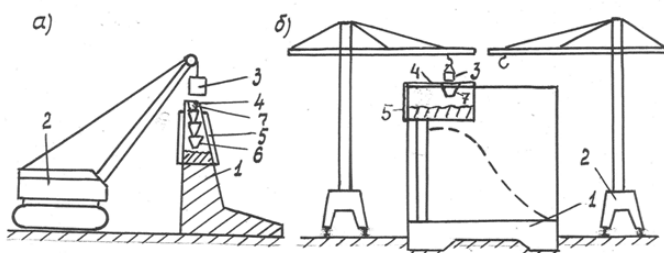


Рисунок 10. Схема возведения бетонных сооружений кранами, расположенными на поверхности земли: гусеничными (а) и башенными (б):

1 – сооружение; 2 – кран; 3 – бадья; 4 – приемная площадка; 5 – опалубка; 6 – хобот; 7 – бункер.

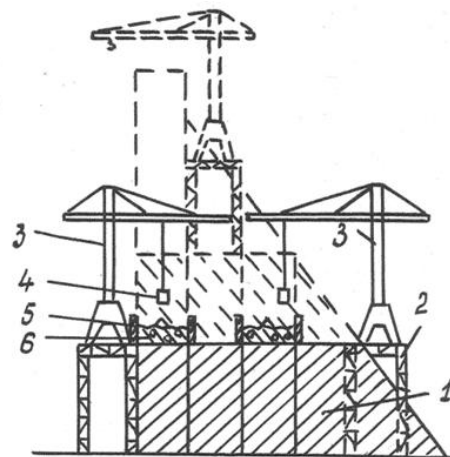


Рисунок 11. Схема возведения бетонных сооружений с размещением кранов на бетоновозных эстакадах:

1 – сооружение; 2 – эстакада; 3 – кран; 4 – бадья; 5 – опалубка; 6 – бетонировемый блок.

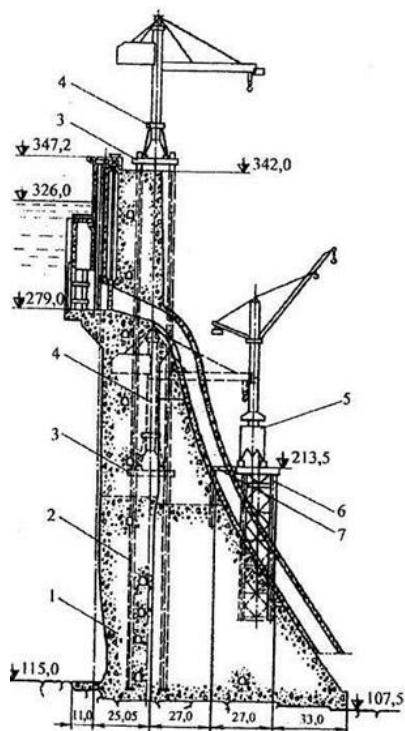


Рисунок 12. Схема размещения кранов на Саяно-Шушенской ГЭС с башенными кранами КБГС-1000 на самоподъемной эстакаде

1 – арочно-гравитационная плотина,
2 – опоры высокой эстакады,
3 – поднимаемая платформа высокой эстакады,
4 – кран КБГС-1000,
5 – кран БК-1425,
6 – стационарная эстакада,
7 – площадка для приема бетона

В последнее время, при возведении высоких бетонных плотин со столбчатой разрезкой на блоки бетонирования, получила распространение схема с размещением бетоноукладочных кранов на бетонных сооружениях (рисунок 13).

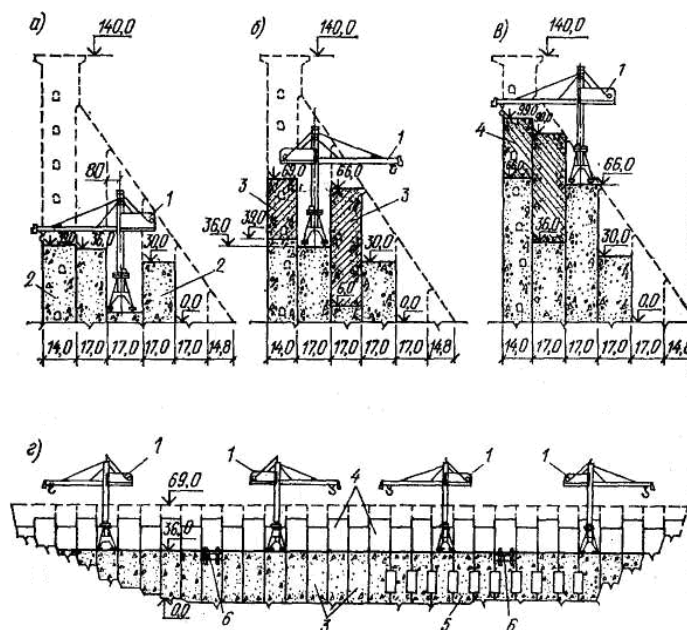


Рисунок 13. Схема возведения бетонных сооружений с размещением бетоноукладочных кранов на бетонных сооружениях

а-в – этапы возведения сооружений, г – продольный разрез, 1 – краны КБГС; 2,3,4 – блоки, возводимые соответственно на 1,2,3 этапах; 5 – отверстия для пропуска строительных расходов; 6 – подъемник кранов

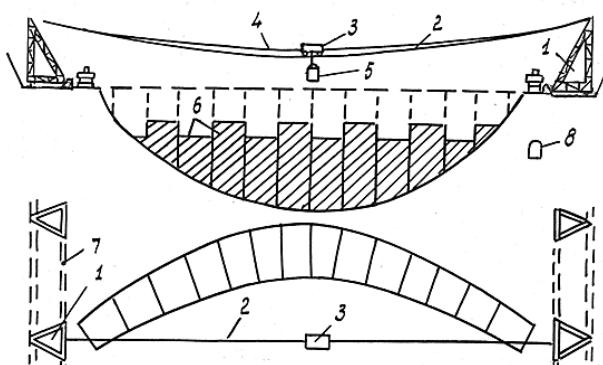


Рисунок 14. Схема возведения бетонных сооружений с применением кабель-крана:

1 - башни кабель-крана; 2 - грузовой трос; 3 -грузовая тележка; 4 - транспортный трос; 5 - бадня; 6-секции плотины; 7 - рельсовые пути; 8 - строительный тоннель для пропуска строительного расхода

В крупном гидротехническом строительстве для подачи бетонной смеси используют в основном специальные башенные краны типа КБГС (краны башенные для гидротехнического строительства) и кабель-краны, а также башенные и стреловые краны [68 - 90]. При этом следует стремиться к тому, чтобы производительность и грузоподъемность всех элементов в комплексе (бетоносмеситель бетонного завода – горизонтальный автотранспорт – бадня – бетоноукладочный кран) хорошо согласовывались друг с другом и обеспечивали

расчетную интенсивность бетонирования [91].

Таблица 9. Некоторые технические характеристики башенных кранов типа КБГС

Тип крана	Грузо-подъемность	Пролет, м	Высота башен, м	Скорость движения, м/мин			Бадья, м³	Производительность
				тележки	подъема	опускания		
Эллингвые								
Красноярский	25	1100	До 95	360-600	90-120	120	8,0	13-15 циклов/ч
Ингурский	25	954		То же	75-150	135-150	8,0	8-11 циклов/ч
Чиркейский	25	500	40	330-400	90-150	90-150	8,0	17,7-23,2 тыс. м³/мес
Параллельно-передвижные								
	7,5	320	40/30	280	40	-	2,0	-
	10	450	27/15	320	40	-	3,21	-
	15	575	69/69	360	35	-	4,0	-
		500	50/50	240	35	-	6,4	-
Радиальные								
	7,5	500	87/67	320	-	-	2,0	-
	10	230	20/-	360	90	-	3,2	-

Таблица 10. Характеристики отечественных кабель-кранов

Показатели	КБГС-101М	КБГС-450	КБГС-500ХЛ	КБГС 1000А	
				Исполнение 1	Исполнение 2
Вылет крюка, м:					
наибольший	40	40	40	40	
наименьший	6,7	7,0	6,0	6,0	
при наибольшей грузоподъемности	18	18	-	20	
Грузоподъемность, т:					
при наибольшем вылете	10,0	10,0	12,0	25,0	
при наименьшем вылете	25,0	25,0	25,0	50,0	
Высота подъема крюка, м	45,0	45,0	45,0	33,5	18,5
Колея, м	10,0	10,0	10,0	11,6	

Показатели	КБГС-101М	КБГС-450	КБГС-500ХЛ	КБГС 1000А	
				Исполнение 1	Исполнение 2
Вылет крюка, м:					
наибольший	40	40	40	40	
наименьший	6,7	7,0	6,0	6,0	
при наибольшей грузоподъемности	18	18	-	20	
Грузоподъемность, т:					
при наибольшем вылете	10,0	10,0	12,0	25,0	
при наименьшем вылете	25,0	25,0	25,0	50,0	
Высота подъема крюка, м	45,0	45,0	45,0	33,5	18,5
Колея, м	10,0	10,0	10,0	11,6	
Показатели	КБГС-101М	КБГС-450	КБГС-500ХЛ	КБГС 1000А	
				Исполнение 1	Исполнение 2
Вылет крюка, м:					
наибольший	40	40	40	40	
наименьший	6,7	7,0	6,0	6,0	
при наибольшей грузоподъемности	18	18	-	20	
Грузоподъемность, т:					
при наибольшем вылете	10,0	10,0	12,0	25,0	
при наименьшем вылете	25,0	25,0	25,0	50,0	
Высота подъема крюка, м	45,0	45,0	45,0	33,5	18,5
Колея, м	10,0	10,0	10,0	11,6	
Показатели	КБГС-101М	КБГС-450	КБГС-500ХЛ	КБГС 1000А	
				Исполнение 1	Исполнение 2
Вылет крюка, м:					
наибольший	40	40	40	40	
наименьший	6,7	7,0	6,0	6,0	
при наибольшей грузоподъемности	18	18	-	20	
Грузоподъемность, т:					
при наибольшем вылете	10,0	10,0	12,0	25,0	
при наименьшем вылете	25,0	25,0	25,0	50,0	
Высота подъема крюка, м	45,0	45,0	45,0	33,5	18,5
Колея, м	10,0	10,0	10,0	11,6	

4. Заключение

В работе, в результате проведенного исследования на основе отечественной и зарубежной информации, опыта проектирования и строительства, сделаны следующие выводы:

1. Приведены краткие рекомендации по выбору транспортной схемы в зависимости от особенностей конструкций зданий и сооружений и технических характеристик различных видов строительных машин.
2. Даны основные характеристики современных отечественных и зарубежных машин по автомобильному, конвейерному, бетононасосному и крановому способам транспортировки и подачи бетонных смесей.
3. Использование литых и самоуплотняющихся бетонных смесей снижает трудозатраты по всей технологической цепочке от приготовления до укладки смеси в блок бетонирования.
4. Рекомендуется к использованию в курсовом и дипломном проектировании, а так же в строительных организациях.

Литература

- [1]. Телешев В. И., Ватин Н. И., Марчук А. Н., Комаринский М. В. Производство гидротехнических работ. Часть 1. Общие вопросы строительства. Земляные и бетонные работы. М.: Изд-во АСВ, 2012. 488 с.
- [2]. Телешев В. И., Ватин Н. И., Марчук А. Н., Комаринский М. В. Производство гидротехнических работ. Часть 1.1. М.: Изд-во МГОУ, 2010. 188 с.
- [3]. Галузин В. М., Комаринский М. В., Телешев В. И. Выбор машин и оборудования для производства бетонных работ. СПб, 1995. 80 с.
- [4]. Белецкий Б. Ф. Технология и механизация строительного производства. Ростов н/Д.: Изд-во Феникс, 2004. 752 с.
- [5]. Маилян Л. Р. Справочник современного строителя. Ростов н/Д.: Изд-во Феникс, 2005. 540 с.
- [6]. Телешев В. И., Комаринский М. В., Данилов В. М., Рыжов В. А. Исследования и опыт применения бетононасосного транспорта на строительстве Шульбинской ГЭС // Гидротехническое строительство. 1990. №10. С. 38-43.
- [7]. Ватин Н. И., Чечевичкин В. Н., Чечевичкин А. В., Шилова Е. С. Очистка сточных вод узлов мойки бетоносмесительного и бетонотранспортного оборудования // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 2. С. 16-23.
- [8]. Литвиненко Т. П., Ткаченко И. В. Усовершенствование методики размещения элементов благоустройства автомобильных дорог // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. № 3. С. 1-8.
- [9]. Речинский А. В., Стрелец К. И. Повышение квалификации по проектированию и строительству особо опасных, технически сложных и уникальных объектов // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. № 1. С. 73-75.
- [10]. Величкин В. З., Махонин В. М. Проблемы достройки энергоблоков АЭС после длительной консервации // Инженерно-строительный журнал. 2008. № 1. С. 51-52.
- [11]. Величкин В. З., Махонин В. М. Экономический эффект при повышении уровня разработки и реализации проекта строительства АЭС // Инженерно-строительный журнал. 2008. № 2. С. 54-56.
- [12]. Булатов Г. Я. Обобщенные критерии оптимального выбора технологий и машин // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 1. С. 32-39.
- [13]. Корниенко С. В. Расчетно-экспериментальный контроль энергосбережения зданий // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 8. С. 24-30.
- [14]. Горшков А. С., Ватин Н. И. Инновационная технология возведения стеновых конструкций из газобетонных блоков на полиуретановый клей // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 5. С. 5-19.
- [15]. Амбарцумян С. А., Мартиросян А. С., Галумян А. В. Нормы выполнения бетонных работ с помощью ба-дьи и бетононасоса в скоростном монолитном домостроении // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 2. С. 29-30.
- [16]. Афанасьев А. А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона. М.: Стройиздат, 1990. 380 с.
- [17]. Афанасьев А. А., Матвеев Е. П., Минаков Ю. А. Технологическая эффективность ускоренных методов твердения бетонов в монолитном домостроении // Промышленное и гражданское строительство. 1997. № 8. С. 36-37.
- [18]. Баженов, Ю. М. Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2011. 524 с.
- [19]. Галумян, А. В. Организационно-технологическая модель скоростного строительства жилых зданий из монолитного железобетона [Текст] / Автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.В. Галумян. - М., 2010. 21 с.
- [20]. Николаев С. В. Сборный железобетон. Выбор технологических решений. М.: Стройиздат, 1978. 239 с.
- [21]. Головнев С. Г. Современные строительные технологии. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. 268 с.
- [22]. СНиП 3.03.01-87*. Несущие и ограждающие конструкции.
- [23]. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. М.: Аналитик, 2012. - 160 с.
- [24]. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87. М.: Минрегион России, 2012.

- [25].СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011. Конструкции монолитные бетонные и железобетонные. Технические требования к производству, правила и методы контроля качества. М.: Издательство БСТ, 2011. 163 с.
- [26].Теличенко В. И. Научно-методологические основы проектирования гибких строительных технологий [Текст] / автореф. дис. ... д-ра техн. наук / В.И. Теличенко - Москва, 1994. - 31 с.
- [27].Теличенко В. И., Терентьев О. М., Лапидус А. А. Технология возведения зданий и сооружений. М.: Высш. шк., 2008. 446 с.
- [28].Афанасьев А. А., Данилов Н. Н., Копылов В. Д. [и др.] Технология строительных процессов. М.: Высш. шк., 2001. 463 с.
- [29].Barabanshchikov Yu. G., Komarinskiy M. V. (2014). Influence of superplasticizer S-3 on the technological properties of concrete mixtures. *Advanced Materials Research*. 2014. No. 941-944. Pp. 780-785.
- [30].Барабанщиков Ю. Г., Комаринский М. В. Суперпластификатор С-3 и его влияние на технологические свойства бетонных смесей // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2014. № 6(21). С. 58-69.
- [31].Комаринский М. В. Производительность поршневого бетононасоса // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2013. № 6(11). С. 43-49.
- [32].Комаринский М. В. Возведение ж/б гидротехнических сооружений с применением бетононасосной технологии [Текст] / Автореф. на соиск. учен. степ. к. т. н. / М.В. Комаринский. - СПб., 1989. 16 с.
- [33].Комаринский М.В., Телешев В.И. Программный комплекс "calgraph" по расчету и эвристической оптимизации линейных календарных планов гидростроительства на пэвм. Учебное пособие. Санкт-Петербург, 1997. 55 с.
- [34].Телешев В. И., Данилов В. М., Комаринский М. В. Перспективы применения бетононасосного транспорта в гидротехническом строительстве // *Гидротехническое строительство*. 1986. № 6. С. 34-38.
- [35].Малиновская Л. В. Об основных принципах обеспечения качества строительства. *Международный опыт // Инженерно-строительный журнал*. 2009. № 1. С. 55-56.
- [36].Либенко А. В. Научно-методологические основы и методы построения автоматизированной системы управления технологическими процессами промышленного производства и использования многокомпонентных бетонных смесей [Текст] / Дисс. на соиск. учен. степ. д. т. н. А.В. Либенко. -М., 2007. 356 с.
- [37].Кобелева С. А. Технологическое сопровождение системы обеспечения качества монолитного бетона и железобетона при возведении зданий и сооружений [Текст] / Дисс. на соиск. учен. степ. к. т. н. / С.А. Кобелева. - М., 2001. 129 с.
- [38].Комаринский М.В., Казанцев Б.Э., Телешев В.И. Определение сметной стоимости гидростроительства по укрупненным показателям стоимости на пэвм. Учебное пособие. Санкт-Петербург, 1997, 45с.
- [39].Ахвердов И. Н. Теоретические основы бетоноведения. М.: Высшая школа, 1991. 188 с.
- [40].Баженов Ю. М., Демьянова В. С., Калашников В. И. Модифицированные высококачественные бетоны. М.: Изд-во АСВ, 2006. 368 с.
- [41].Болотских О. Н. Самоуплотняющийся бетон и его диагностика // *Технологии бетонов*. 2008. № 10. С. 28-31.
- [42].Головнев С. Г., Мозгалёв К. М. Самоуплотняющиеся бетоны: компьютерный контроль параметров зимнего бетонирования. М.: МГСУ, 2012. Т. 2. С. 107-112.
- [43].Горчаков Г. И., Баженов Ю.М. Строительные материалы. М.: Высш. школа, 1986. 686 с.
- [44].ГОСТ 10181-2000. Смесей бетонные. Методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 2001. 34 с.
- [45].ГОСТ 7473-2010. Смесей бетонные. Технические условия. М.: Стан-дартинформ, 2011. 20 с.
- [46].Давидюк А. Н., Несветаев Г. В. Эффективные бетоны для современного высотного строительства. М.: НИПКЦ-А, 2010. 144 с.
- [47].Каприелов С. С., Шейнфельд А. В., Кардумян Г. С. Новые модифицированные бетоны. М.: Пред-тие Мастер Бетон, 2010. 258 с.
- [48].Колчеданцев Л. М. Интенсификация бетонных работ в условиях массового строительства // *Бетон и железобетон*. 1994. № 6. С. 18-21.
- [49].Колчеданцев Л. М. Способ интенсификации бетонных работ и средство управлением структурообразованием бетона // *Строительные материалы*. 1998. № 2. С. 14-16.
- [50].Колчеданцев Л. М. Интенсифицированная технология бетонирования среднемаассивных конструкций // *Монтажные и специальные работы в строительстве*. 1998. № 4. С. 7-11.

- [51]. Колчеданцев Л. М., Зубов Н. А., Колчеданцев А. Л. Обоснование и перспективы применения комплексных добавок в монолитном домостроении и производстве сборного железобетона // Вестник гражданских инженеров. 2006. № 4. С. 50-52.
- [52]. Крылов Б. А. Об интенсификации твердения бетона при возведении монолитных зданий // Жилищное строительство. 1983. № 8. С. 15.
- [53]. Несветаев Г. В. Технология самоуплотняющихся бетонов // Строительные материалы. 2008. № 3. С. 24-29.
- [54]. Несветаев Г. В., Давидюк А. Н. Самоуплотняющиеся бетоны: прочность и проектирование состава // Строительные материалы. 2009. № 5. С. 54-57.
- [55]. Несветаев Г. В., Давидюк А. Н. Самоуплотняющиеся бетоны (SCC): усадка // Строительные материалы. 2009. № 8. С. 52-54.
- [56]. Пухаренко Ю. В. Научные и практические основы формирования структуры и свойств фибробетонов [Текст] / Автореф. дис. ... докт. техн. наук / Ю.В. Пухаренко - Санкт-Петербург, 2005. 41 с.
- [57]. Чан Л. Х., Баженов Ю. М., Чумаков Л. Д. Технологические свойства особо тяжёлых самоуплотняющихся бетонных смесей // Вестник МГСУ. 2011. Т. 2. № 1. С. 322-325.
- [58]. Юдина А. Ф. Ресурсосберегающая технология бетонных работ на основе использования электрообработанной воды затворения [Текст] / Автореф. дис. ... докт. техн. наук / А.Ф. Юдина - Санкт-Петербург, 2000. - 38 с.
- [59]. ACI 306R-88. Cold weather concreting. American Concrete Institute, 2002. - 23 p.
- [60]. EN 12350-5. 2000. Testing fresh concrete. Part 5: Flow table test.
- [61]. Mechtcherine V., Haist M., Muller H. (2002). Development of Self-Compacting Lightweight Aggregate Concrete with and without Fibre-Reinforcement. Non-Traditional Cement and Concrete - Proceedings of the International Symposium, Brno. 2002. Pp. 249-259.
- [62]. Okamura H., Ouchi M. (2003). Self-Compacting Concrete. Journal of Advanced Concrete Technology. 2003. Vol. 1. No. 1. Pp. 5-15.
- [63]. The European guidelines for self-compacting concrete: specification, production and use. UK, 2005. 21 p.
- [64]. Телешев В. И., Данилов В. М., Комаринский М. В., Бондаревский Ю. П. Способ возведения бетонной плотины. Патент на изобретение RUS 1395745 14.07.1986
- [65]. Клинецов В. П., Булатов Г. Я., Комаринский М. В. Способ возведения противофильтрационного элемента в плотине из грунтовых материалов. Патент на изобретение RUS 1133332 17.10.1983
- [66]. Комаринский М. В., Клинецов В. П. Способ возведения противофильтрационного элемента в плотине из грунтовых материалов и объемная опалубка для его осуществления. Патент на изобретение RUS 1390292 10.02.1986
- [67]. Телешев В. И., Ватин Н. И. Марчук А. Н., Комаринский М. В. Производство гидротехнических работ. Часть 1. М.: Изд-во АСВ, 2010. 432 с.
- [68]. Белецкий Б. Ф. Строительные машины и оборудование. Ростов н/Д, 2002. 591 с.
- [69]. Белецкий Б. Ф. Технология и механизация строительного производства. Ростов н/Д: Изд-во Феникс, 2004. 752 с.
- [70]. Маилян Л. Р. [и др.] Справочник современного строителя. Ростов н/Д: Изд-во Феникс, 2005. 540 с.
- [71]. Чураков А. И., Волнин Б. А., Степанов П. Д., Шайтанов В. Я. Производство гидротехнических работ. М.: Стройиздат, 1985. 623 с.
- [72]. Моисеев И. С., Шайтанов В. Я., Якобсон А. Г. Справочник гидроэнерго-строителя. М.: Энергия, 1976. 512 с.
- [73]. Рассказов Л. Н., Орехов В. Г., Правдивец Ю. П. Гидротехнические сооружения. М.: Стройиздат, 1996. 344 с.
- [74]. Бадьин Г. М., Стебаков В. В. Справочник строителя. М.: Изд-во АСВ, 1996. 340 с.
- [75]. Ерахтин Б. М. Опыт строительства гидроузлов. М.: Энергоатомиздат, 1987. 288 с.
- [76]. Бадьин Г. М., Заренков В. А. Справочник строителя-технолога. -СПб: ЛенСпецСМУ 2005.-320с.
- [77]. Баженов Ю. М. Технология бетона. М.: Стройиздат, 1978. 455 с.
- [78]. Братская ГЭС имени 50-летия Великого Октября (технический отчет о проектировании, строительстве и эксплуатации. Т. 2). М.: Энергия, 1974. 312 с.

- [79]. Инструкция по применению Токтогульского метода в гидротехническом строительстве. АСН.05-74. - М.: Энергия, 1974.
- [80]. Правила производства бетонных работ при возведении гидротехнических сооружений. ВСН-31-83 / Минэнерго СССР. Л.: ВНИИГ, 1984.
- [81]. Рекомендации по применению укатанных бетонов в гидротехническом строительстве. П25-85.-Л.: ВНИИГ, 1985.
- [82]. СНиП 2.06.08-87*. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений.
- [83]. Могилевский Я. Г., Севалов Н. Г., Копелевич А. Л. Машины и оборудование для бетонных и железобетонных работ: Справочное пособие по строительным машинам. М.: Стройиздат, 1993. 199 с.
- [84]. Василевский В. В., Оскоркова Т. Е., Сильницкий В. И. Укладка особо жестких бетонных смесей в плотину Бурейской ГЭС // Гидротехническое строительство. 2004. № 4. 18 с.
- [85]. Ивашенцов Д. А., Судаков В. Б., Василевский А. Г., Шангин В. С., Юркевич Б. Н., Караваев А. В., Лапин Г. Г. Принципы конструирования современных бетонных плотин // Гидротехническое строительство. 2004. № 2. 36 с.
- [86]. Tama V. W. Y., Fungb I. W. H. (2011). Tower crane safety in the construction industry. Safety Science. 2011. Vol. 49. Issue 2. Pp. 208–215.
- [87]. Kima S-K., Kimb J-Y., , Leea D-H., Ryua S-Y. (2011). Automatic optimal design algorithm for the foundation of tower cranes. 2011. Vol. 20. Issue 1. Pp. 56–65.
- [88]. Leung A. W. T, Tam C. M, Liu D. K. (2001). Comparative study of artificial neural networks and multiple regression analysis for predicting hoisting times of tower cranes. Building and Environment. 2001. Vol.36. Issue 4. Pp. 457–467.
- [89]. Rosenfeld Y., Shapira A. (1998). Automation of existing tower cranes: economic and technological feasibility. Automation in Construction. 1998. Vol. 7. Issue 4. Pp. 285–298.
- [90]. Дронов В. Г., Зуев В. П. Строительные машины и оборудование // Механизация строительства. 2007. № 6. С. 24-25.
- [91]. Proverbs D. G., Olomolaiye P. O., Harris F. C. (1996). An evaluation of transportation systems for high rise concrete construction. Building and Environment. 1996. Vol. 31. Issue 4. Pp. 363–374.

Concrete mixes transportation in construction of unique buildings and structures

M.V. Komarinskiy¹, N.A. Chervova²

Saint-Petersburg Polytechnic University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia

ARTICLE INFO

Analytical review

Article history

Received 25 December 2014
Accepted 21 January 2015

Keywords

transportation of concrete mix,
mixer,
conveyor,
concrete,
crane

ABSTRACT

The modern building cars for transportation of concrete mixes to building area are described in article. The purpose of this article is showing the modern level of domestic and foreign equipment for transportation and supply (laying) of concrete mixes in unique construction objects. Also, schemes of submission to the concrete blocks to construction of unique buildings and structures are presented. Article contains the classification of transport schemes and ways of presenting concrete in units of concrete.

²

Corresponding author:

+7 (921) 899 7588, nikitoi@mail.ru (Nikita Andreevna Chervova, Student)

¹

+7 (812) 297 5949, komarin@cef.spbstu.ru (Ph.D., Associate Professor, Mikail Viktorovich Komarinskiy)

References

- [1]. Teleshev V. I., Vatin N. I., Marchuk A. N., Komarinskiy M. V. *Proizvodstvo gidrotehnicheskikh rabot. Chast 1. Obschie voprosy stroitelstva. Zemlyaniye i betonnyie raboty* [Production of hydraulic works. Part 1: General construction issues. Excavation and concrete works]. Moscow: Izd-vo ASV, 2012. 488 p. (rus)
- [2]. Teleshev V. I., Vatin N. I., Marchuk A. N., Komarinskiy M. V. *Proizvodstvo gidrotehnicheskikh rabot. Chast 1.1.* [Production of hydraulic works. Part 1.1.]. Moscow: Izd-vo MGOU, 2010. 188 p. (rus)
- [3]. Galuzin V. M., Komarinskiy M. V., Teleshev V. I. *Vyibor mashin i oborudovaniya dlya proizvodstva betonnyih rabot* [Choice of machines and equipment for concrete work]. Saint-Petersburg, 1995. 80 p. (rus)
- [4]. Beletskiy B. F. *Tehnologiya i mehanizatsiya stroitel'nogo proizvodstva* [Technology and mechanization of building production]. Rostov n/D.: Izd-vo Feniks, 2004. 752 p. (rus)
- [5]. Mailyan L. R. *Spravochnik sovremennogo stroitelya* [Modern builder's manual]. Rostov n/D.: Izd-vo Feniks, 2005. 540 p. (rus)
- [6]. Teleshev V. I., Komarinskiy M. V., Danilov V. M., Ryzhov V. A. *Issledovaniya i opyt primeneniya betononasosnogo transporta na stroitelstve Shulbinskoy GES* [Investigations and practice of using the concrete-pumping transport on the construction of Shulbinskaya hydroelectric station]. *Gidrotehnicheskoe stroitelstvo*. 1990. No.10. Pp. 38-43. (rus)
- [7]. Vatin N. I., Chechevichkin V. N., Chechevichkin A. V., Shilova E. S. *Ochistka stochnykh vod uzlov moyki betonosmesitelnogo i betonotransportnogo oborudovaniya* [Wastewater treatment units for washing arrangements of concrete production plants and concrete transporting]. *Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal*. 2011. No. 2. Pp. 16-23. (rus)
- [8]. Litvinenko T. P., Tkachenko I. V. *Usovershenstvovanie metodiki razmescheniya elementov blagoustroystva avtomobilnykh dorog* [Improved methodology of positioning elements of improvement of highways]. *Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy*. 2012. No. 3. Pp. 1-8. (rus)
- [9]. Rechinskiy A. V., Strelets K. I. *Povyishenie kvalifikatsii po proektirovaniyu i stroitelstvu osobo opasnykh, tehnichecki slozhnykh i unikalnykh ob'ektov* [Training on the design and construction of highly dangerous, technically complex and unique objects]. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2012. No. 1. Pp. 73-75. (rus)
- [10]. Velichkin V. Z., Mahonin V. M. *Problemy dostroyki energoblokov AES posle dlitel'noy konservatsii* [Problems of further construction of hydroelectric station after long-term preservation]. *Magazine of Civil Engineering*. 2008. No. 1. Pp. 51-52. (rus)
- [11]. Velichkin V. Z., Mahonin V. M. *Ekonomicheskyy efekt pri povyishenii urovnya razrabotki i realizatsii projekta stroitelstva AES* [Economic effect by increasing the level of development and implementation of the hydroelectric station construction project]. *Magazine of Civil Engineering*. 2008. No. 2. Pp. 54-56. (rus)
- [12]. Bulatov G. Ya. *Obobshchennyye kriterii optimal'nogo vyibora tehnologii i mashin* [Generalized criteria of optimal choice of technology and machines]. *Magazine of Civil Engineering*. 2009. No. 1. Pp. 32-39. (rus)
- [13]. Kornienko S. V. *Raschetno-eksperimentalnyy kontrol energosberezheniya zdaniy* [Settlement and experimental control of energy-saving buildings]. *Magazine of Civil Engineering*. 2013. No. 8. Pp. 24-30. (rus)
- [14]. Gorshkov A. S., Vatin N. I. *Innovatsionnaya tehnologiya vozvedeniya stenovykh konstruktsey iz gazobetonnykh blokov na poliuretanovyy kley* [Innovative construction of wall structures of concrete blocks on the polyurethane adhesive]. *Magazine of Civil Engineering*. 2013. No. 5. Pp. 5-19. (rus)
- [15]. Ambartsumyan S. A., Martirosyan A. S., Galumyan A. V. *Normy vyipolneniya betonnykh rabot s pomoschyu bad'i i betononasosa v skorostnom monolitnom domostroenii* [Standards perform concrete work using bucket and concrete pump in high-speed monolithic housing]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo*. 2010. No. 2. Pp. 29-30. (rus)
- [16]. Afanasev A. A. *Vozvedenie zdaniy i sooruzheniy iz monolitnogo zhelezobetona* [Construction of buildings and structures of reinforced concrete]. Moscow: Stroyizdat, 1990. 380 p. (rus)
- [17]. Afanasev A. A., Matveev E. P., Minakov Yu. A. *Tehnologicheskaya effektivnost uskorenykh metodov tverdeniya betonov v monolitnom domostroenii* [Technological efficiency rapid methods of hardening concrete in monolithic housing]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitelstvo*. 1997. No. 8. Pp. 36-37. (rus)
- [18]. Bazhenov, Yu. M. *Tehnologiya betona* [Concrete technology]. Moscow: Izd-vo ASV, 2011. 524 p. (rus)
- [19]. Galumyan, A. V. *Organizatsionno-tehnologicheskaya model skorostnogo stroitelstva zhilykh zdaniy iz monolitnogo zhelezobetona. Diss. dokt. tekhn. nauk.* [Organizational and technological model of rapid construction of residential buildings of reinforced concrete. Dr. tech. sci. diss.] Moscow, 2010. 21 p. (rus)

- [20]. Nikolaev S. V. *Sbornyy zhelezobeton. Vyibor tehnologicheskikh resheniy*. [Precast concrete. Choice of technological solution]. Moscow: Stroyizdat, 1978. 239 p. (rus)
- [21]. Golovnev S. G. *Sovremennyye stroitelnyye tehnologii* [Modern construction technologies]. Chelyabinsk: Izdatelskiy tsentr YuUrGU, 2010. 268 p.
- [22]. SNiP 3.03.01-87*. *Nesuschie i ograzhdayuschie ko (rus)nstruktsii* [List of rules and regulations. Carrying and protecting structures]. (rus)
- [23]. SP 63.13330.2012. *Betonnyye i zhelezobetonnyye konstruktsii. Osnovnyye polozheniya* [Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions]. Moscow: Analitik, 2012. 160 p. (rus)
- [24]. SP 70.13330.2012. *Nesuschie i ograzhdayuschie konstruktsii* [Carrying and protecting structures]. Moscow: Minregion Rossii, 2012. (rus)
- [25]. STO NOSTROY 2.6.54-2011. *Konstruktsii monolitnyye betonnyye i zhelezobetonnyye. Tehnicheskie trebovaniya k proizvodstvu, pravila i metody kontrolya kachestva* [Monolithic concrete and reinforced concrete structures. Technical requirements for the production, rules and methods for quality control]. Moscow: Izdatelstvo BST, 2011. 163 p. (rus)
- [26]. Telichenko V. I. *Nauchno-metodologicheskie osnovy proektirovaniya gibkikh stroitelnykh tehnologiy. Diss. dokt. tekhn. nauk*. [Scientific and methodological bases of designing flexible building technology. Dr. tech. sci. diss.] Moscow, 1994. 31 p. (rus)
- [27]. Telichenko V. I., Terentev O. M., Lapidus A. A. *Tehnologiya vozvedeniya zdaniy i sooruzheniy* [Technology of construction of buildings and structures]. Moscow: Vyssh. shk., 2008. 446 p. (rus)
- [28]. Afanasev A. A., Danilov N. N., Kopylov V. D. [i dr.] *Tehnologiya stroitelnykh protsessov* [Technology of building processes]. Moscow: Vyssh. shk., 2001. 463 p. (rus)
- [29]. Barabanshchikov Yu. G., Komarinskiy M. V. (2014). Influence of superplasticizer S-3 on the technological properties of concrete mixtures. *Advanced Materials Research*. 2014. No. 941-944. Pp. 780-785.
- [30]. Barabanshchikov Yu. G., Komarinskiy M. V. *Superplastifikator S-3 i ego vliyanie na tehnologicheskie svoystva betonnykh smesey* [Influence of superplasticizer S-3 on the technological properties of concrete mixtures]. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2014. No. 6(21). Pp. 58-69. (rus)
- [31]. Komarinskiy M. V. *Proizvoditelnost porshnevogo betononasosa* [Concrete pump productivity]. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2013. No. 6(11). Pp. 43-49. (rus)
- [32]. Komarinskiy M. V. *Vozvedenie zh/b gidrotehnicheskikh sooruzheniy s primeneniem betononasosnoy tehnologiy. Diss. dokt. tekhn. nauk*. [Construction of concrete hydraulic structures using Concrete-pumping technology. Dr. tech. sci. diss.] SPb., 1989. 16 p. (rus)
- [33]. Teleshev V. I., Komarinskiy M. V. *Programmnyy kompleks "calgraph" po raschetu i evristicheskoy optimizatsii lineynykh kalendarnykh planov gidrostroitelstva na PEVM*. [Software package "calgraph" calculation and heuristic optimization of linear schedules construction on the PC]. *Uchebnoe posobie*. 1997. 55 p. (rus)
- [34]. Teleshev V. I., Danilov V. M., Komarinskiy M. V. *Perspektivy primeneniya betononasosnogo transporta v gidrotehnicheskoy stroitelstve* [Prospects of concrete pump transporting in hydraulic engineering]. *Gidrotehnicheskoye stroitelstvo*. 1986. No. 6. Pp. 34-38. (rus)
- [35]. Malinovskaya L. V. *Ob osnovnykh printsipakh obespecheniya kachestva stroitelstva. Mezhdunarodnyy opyt* [On the main principles to ensure the quality of construction. International experience]. *Magazine of Civil Engineering*. 2009. No. 1. Pp. 55-56. (rus)
- [36]. Libenko A. V. *Nauchno-metodologicheskie osnovy i metody postroyeniya avtomatizirovannoy sistemy upravleniya tehnologicheskimi protsessami promyshlennogo proizvodstva i ispolzovaniya mnogokomponentnykh betonnykh smesey. Diss. dokt. tekhn. nauk*. [Scientific and methodological foundations and methods of construction of automated process control system of industrial production and the use of multi-mix concrete. Dr. tech. sci. diss.] Moscow, 2007. 356 p. (rus)
- [37]. Kobeleva S. A. *Tehnologicheskoye soprovozhdenie sistemy obespecheniya kachestva monolitnogo betona i zhelezobetona pri vozvedenii zdaniy i sooruzheniy. Diss. dokt. tekhn. nauk*. [Technological support the quality assurance system of monolithic concrete and reinforced concrete in the construction of buildings and structures. Dr. tech. sci. diss.] Moscow, 2001. 129 p. (rus)
- [38]. Yu. G. Barabanshchikov, M. V. Komarinskiy. Effect of air-entraining agent LHD on the technological properties of concrete mix containing superplasticizer S-3. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2009. No. 1. Pp. 55-56.
- [39]. Ahverdov I. N. *Teoreticheskie osnovy betonovedeniya* [Theoretical basis of concrete procedure]. Moscow: Vysshaya shkola, 1991. 188 p. (rus)

- [40]. Bazhenov Yu. M., Demyanova V. S., Kalashnikov V. I. *Modifitsirovannyye vyisokokachestvennyye betony* [Modified high-quality concrete]. Moscow: Izd-vo ASV, 2006. 368 p. (rus)
- [41]. Bolotskih O. N. *Samouplotnyayuschiy beton i ego diagnostika* [Self compacting concrete and its diagnostics]. *Tehnologii betonov*. 2008. No. 10. Pp. 28-31. (rus)
- [42]. Golovnev S. G., Mozgal'ov K. M. *Samouplotnyayuschiesya betony: kompyuternyy kontrol parametrov zimnego betonirovaniya* [Self-Compacting Concrete: winter concreting computer control parameters]. Moscow: MGSU, 2012. Part 2. Pp. 107 - 112. (rus)
- [43]. Gorchakov G. I., Bazhenov Yu. M. *Stroitelnyye materialy* [Building Materials]. Moscow: Vyssh. shkola, 1986. 686 p. (rus)
- [44]. GOST 10181-2000. *Smesi betonnyye. Metody ispytaniy* [State standard. Concrete mixtures. Test methods]. Moscow: *Izd-vo standartov*, 2001. 34 p. (rus)
- [45]. GOST 7473-2010. *Smesi betonnyye. Tehnicheskie usloviya* [State standard. Concrete mixtures. Technical conditions]. Moscow: *Standartinform*, 2011. 20 p. (rus)
- [46]. Davidyuk A. N., Nesvetaev G. V. *Effektivnyye betony dlya sovremennogo vyisotnogo stroitelstva* [Effective concrete for modern high-rise building]. Moscow: NIPKTS-A, 2010. 144 p. (rus)
- [47]. Kapriyelov S. S., Sheynfeld A. V., Kardumyan G. S. *Novyye modifitsirovannyye betony* [New modified concrete]. Moscow: Pred-tie Master Beton, 2010. 258 p. (rus)
- [48]. Kolchedantsev L. M. *Intensifikatsiya betonnykh rabot v usloviyah massovogo stroitelstva* [intensification of concrete work under large-scale construction]. *Beton i zhelezobeton*, 1994. No. 6. Pp. 18-21. (rus)
- [49]. Kolchedantsev L. M. *Sposob intensivatsii betonnykh rabot i sredstvo upravleniem strukturoobrazovaniem betona* [Intensification method of concrete work and concrete structure formation control]. *Stroitelnyye materialy*, 1998. No. 2. Pp. 14-16. (rus)
- [50]. Kolchedantsev L. M. *Intensifitsirovannaya tehnologiya betonirovaniya srednemassivnykh konstruksiy* [Intensified technology of concrete pouring of middle-massive constructions]. *Montazhnyye i spetsialnyye raboty v stroitelstve*, 1998. No. 4. Pp. 7-11. (rus)
- [51]. Kolchedantsev L. M., Zubov N. A., Kolchedantsev A. L. *Obosnovanie i perspektivy primeneniya kompleksnykh dobavok v monolitnom domostroenii i proizvodstve sbornogo zhelezobetona* [Substantiation and perspectives of complex additives in monolithic housing construction and manufacture of precast reinforced concrete]. *Vestnik grazhdanskih inzhenerov*, 2006. No. 4. Pp. 50-52. (rus)
- [52]. Krylov B. A. *Ob intensivatsii tverdeniya betona pri vozvedenii monolitnykh zdaniy* [About intensify the hardening of concrete in the construction of monolithic buildings]. *Zhilishchnoe stroitelstvo*, 1983. No. 8. Pp. 15. (rus)
- [53]. Nesvetaev G. V. *Tehnologiya samouplotnyayuschiesya betonov* [Self-compacting concrete technology]. *Stroitelnyye materialy*, 2008. No. 3. Pp. 24-29. (rus)
- [54]. Nesvetaev G. V., Davidyuk A. N. *Samouplotnyayuschiesya betony: prochnost i proektirovanie sostava* [Self-Compacting Concrete: strength and composition engineering]. *Stroitelnyye materialy*, 2009. No. 5. Pp. 54-57. (rus)
- [55]. Nesvetaev G. V., Davidyuk A. N. *Samouplotnyayuschiesya betony (SCC): usadka* [Self-Compacting Concrete: shrinkage]. *Stroitelnyye materialy*, 2009. No. 8. Pp. 52-54. (rus)
- [56]. Puharenko Yu. V. *Nauchnyye i prakticheskie osnovy formirovaniya struktury i svoystv fibrobetonov. Diss. dokt. tekhn. nauk.* [Scientific and practical bases of formation of structure and properties of fiber-reinforced concrete. Dr. tech. sci. diss.] *Sankt-Peterburg*, 2005. 41 p. (rus)
- [57]. Chan L. H., Bazhenov Yu. M., Chumakov L. D. *Tehnologicheskie svoystva osobo tyazholykh samouplotnyayuschiesya betonnykh smesey* [Technological properties of particularly severe self-compacting concrete]. *Vestnik MGSU*, 2011. Part 2. No. 1. Pp. 322-325. (rus)
- [58]. Yudina A. F. *Resursosberegayuschaya tehnologiya betonnykh rabot na osnove ispolzovaniya elektroobrabotannoy vody zatvoreniya. Diss. dokt. tekhn. nauk.* [Resource-saving technology of concrete work on the basis of the use of electro-treated water mixing. Dr. tech. sci. diss.] *Sankt-Peterburg*, 2000. 38 p. (rus)
- [59]. ACI 306R-88. Cold weather concreting. American Concrete Institute, 2002. - 23 p.
- [60]. EN 12350-5. 2000. Testing fresh concrete. Part 5: Flow table test.
- [61]. Mechtcherine V., Haist M., Muller H. (2002). Development of Self-Compacting Lightweight Aggregate Concrete with and without Fibre-Reinforcement. Non-Traditional Cement and Concrete - Proceedings of the International Symposium, Brno. 2002. Pp. 249-259.
- [62]. Okamura H., Ouchi M. (2003). Self-Compacting Concrete. Journal of Advanced Concrete Technology. 2003. Vol. 1. No. 1. Pp. 5-15.

- [63]. The European guidelines for self-compacting concrete: specification, production and use. UK, 2005. 21 p.
- [64]. Teleshev V. I., Danilov V. M., Komarinskiy M. V., Bondarevskiy Yu. P. Sposob vozvedeniya betonnoy plotiny [Method of construction of a concrete dam]. Patent RUS 1395745 14.07.1986 (rus)
- [65]. Klintsov V. P., Bulatov G. Ya., Komarinskiy M. V. Sposob vozvedeniya protivofiltratsionnogo elementa v plotine iz gruntovykh materialov [Method of construction of impervious element in the dam of soil materials]. Patent RUS 1133332 17.10.1983 (rus)
- [66]. Komarinskiy M. V., Klintsov V. P. Sposob vozvedeniya protivofiltratsionnogo elementa v plotine iz gruntovykh materialov i ob'emnaya opalubka dlya ego osuschestvleniya [Method of erection of impervious element in the dam of soil materials and bulk formwork for its implementation]. Patent RUS 1390292 10.02.1986. (rus)
- [67]. Teleshev V. I., Vatin N. I. Marchuk A. N., Komarinskiy M. V. *Proizvodstvo gidrotehnicheskikh rabot. Chast 1* [Production of hydraulic works. Part 1]. Moscow: Izd-vo ASV, 2010. 432 p. (rus)
- [68]. Beletskiy B. F. *Stroitelnyie mashiny i oborudovanie* [Construction machinery and equipment]. Rostov n/D, 2002. 591 p. (rus)
- [69]. Beletskiy B. F. *Tehnologiya i mehanizatsiya stroitel'nogo proizvodstva* [Technology and mechanization of building production]. Rostov n/D: Izd-vo Feniks, 2004. 752 p. (rus)
- [70]. Mailyan L. R. [i dr.] *Spravochnik sovremennogo stroitelya* [Modern builder's manual]. Rostov n/D: Izd-vo Feniks, 2005. 540 p. (rus)
- [71]. Churakov A. I., Volnin B. A., Stepanov P. D., Shaytanov V. Ya. *Proizvodstvo gidrotehnicheskikh rabot* [Production of hydraulic works]. Moscow: Stroyizdat, 1985. 623 p. (rus)
- [72]. Moiseev I. S., Shaytanov V. Ya., Yakobson A. G. *Spravochnik gidroenergostroitelya* [Hydropower constructor's manual]. Moscow: Energiya, 1976. 512 p. (rus)
- [73]. Rasskazov L. N., Orekhov V. G., Pravdivets Yu. P. *Gidrotehnicheskie sooruzheniya* [Hydraulic engineering works]. Moscow: Stroyizdat, 1996. 344 p. (rus)
- [74]. Badin G. M., Stebakov V. V. *Spravochnik stroitelya* [Builder's manual]. Moscow.: Izd-vo ASV, 1996. 340 p.
- [75]. Erahtin B. M. *Opyit stroitelstva gidrouzlov*. Moscow: Energoatomizdat, 1987. 288 p. (rus)
- [76]. Badin G. M., Zarenkov V. A. *Spravochnik stroitelya-tehnologa* [Builder-technologist's manual]. Moscow: LenSpetsSMU 2005. 320 p. (rus)
- [77]. Bazhenov Yu. M. *Tehnologiya betona* [Concrete technology]. Moscow: Stroyizdat, 1978. 455 p. (rus)
- [78]. *Bratskaya GES imeni 50-letiya Velikogo Oktyabrya (tehnikeskii otchet o proektirovanii, stroitelstve i ekspluatatsii. T. 2)* [Bratsk hydroelectric plant named after the 50th anniversary of the Great October Revolution (technical report on the design, construction and operation. Part 2)]. Moscow: Energiya, 1974. 312 p. (rus)
- [79]. *Instruktsiya po primeneniyu Toktogul'skogo metoda v gidrotehnicheskome stroitelstve* [Instructions for use of the Toktogul method in hydraulic construction]. ASN.05-74. Moscow: Energiya, 1974. (rus)
- [80]. *Pravila proizvodstva betonnykh rabot pri vozvedenii gidrotehnicheskikh sooruzheniy* [Terms of concrete works in the construction of hydraulic facilities]. VSN-31-83. Minenergo SSSR. L.: VNIIG, 1984. (rus)
- [81]. *Rekomendatsii po primeneniyu ukatannykh betonov v gidrotehnicheskome stroitelstve* [Recommendations for the use of rolled concrete in hydraulic engineering]. P25-85.-L.: VNIIG, 1985. (rus)
- [82]. SNIP 2.06.08-87*. *Betonnyie i zhelezobetonnyie konstruktсии gidrotehnicheskikh sooruzheniy* [List of rules and regulations. Concrete and reinforced concrete structures hydraulic facilities]. (rus)
- [83]. Mogilevskiy Ya. G., Sevalov N. G., Kopelevich A. L. *Mashiny i oborudovanie dlya betonnykh i zhelezobetonnykh rabot: Spravochnoe posobie po stroitelnyim mashinam* [Machinery and equipment for concrete and reinforced concrete works: A Reference Guide for engineering machines]. Moscow: Stroyizdat, 1993. 199 p. (rus)
- [84]. Vasilevskiy V. V., Oskorkova T. E., Silnitskiy V. I. *Ukladka osobo zhestkikh betonnykh smesey v plotinu Bureyskoy GES* [Laying especially hard concrete mixtures into the dam of the Bureyskaya hydroelectric power station]. *Gidrotehnicheskoe stroitelstvo*. 2004. No. 4. 18 p. (rus)
- [85]. Ivashentsov D. A., Sudakov V. B., Vasilevskiy A. G., Shangin V. S., Yurkevich B. N., Karavaev A. V., Lapin G. G. *Printsipy konstruirovaniya sovremennykh betonnykh plotin* [Design principles modern concrete dams]. *Gidrotehnicheskoe stroitelstvo*. 2004. No. 2. 36 p. (rus)
- [86]. Tama V. W. Y., Funb I. W. H. (2011). Tower crane safety in the construction industry. Safety Science. 2011. Vol. 49. Issue 2. Pp. 208–215.
- [87]. Kima S-K., Kimb J-Y., Leea D-H., Ryua S-Y. (2011). Automatic optimal design algorithm for the foundation of tower cranes. 2011. Vol. 20. Issue 1. Pp. 56–65.

- [88]. Leung A. W. T, Tam C. M, Liu D. K. (2001). Comparative study of artificial neural networks and multiple regression analysis for predicting hoisting times of tower cranes. *Building and Environment*. 2001. Vol.36. Issue 4. Pp. 457–467.
- [89]. Rosenfeld Y., Shapira A. (1998). Automation of existing tower cranes: economic and technological feasibility. *Automation in Construction*. 1998. Vol. 7. Issue 4. Pp. 285–298.
- [90]. Dronov V. G., Zuev V. P. *Stroitelnyie mashiny i oborudovanie* [Construction machinery and equipment]. *Mehanizatsiya stroitelstva*. 2007. No. 6. Pp. 24-25. (rus)
- [91]. Proverbs D. G., Olomolaiye P. O., Harris F. C. (1996). An evaluation of transportation systems for high rise concrete construction. *Building and Environment*. 1996. Vol. 31. Issue 4. Pp. 363–374.