

УДК 691.33

Фаррахова Евгения Олеговна

инженер

E-mail: evgeniya.f11@mail.ru

Ибрагимов Руслан Абдирашитович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: rusmag007@yandex.ru

Имайкин Дмитрий Геннадьевич

кандидат технических наук, доцент

E-mail: imaykindg@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Технология возведения монолитных ограждающих конструкций зданий из пенополистиролбетона

Аннотация

Постановка задачи. Пенополистиролбетон – эффективный теплоизоляционный материал, применяемый в большинстве своем в качестве стеновых блоков. Повышенный на сегодняшний день интерес к монолитному строительству создает необходимость в разработке новых и совершенствовании существующих технологий применения монолитного пенополистиролбетона в стеновых конструкциях. Целью исследования является разработка эффективной технологии возведения монолитных ограждающих конструкций зданий из пенополистиролбетона.

Результаты. Разработана модель крупнощитовой опалубки из ABS-пластика для бетонирования монолитных стен с применением пенополистиролбетонной смеси. Предложена технология возведения монолитных ограждающих конструкций зданий из пенополистиролбетона. Определены технико-экономические показатели, а также представлен график возведения монолитных пенополистиролбетонных стеновых конструкций, отражающий сроки и последовательность производства работ.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в возможности снижения трудоемкости строительно-монтажных работ по возведению экономически эффективных монолитных ограждающих конструкций зданий.

Ключевые слова: крупнощитовая пластиковая опалубка, проектирование опалубки, ограждающие конструкции, пенополистиролбетон, технология возведения монолитных стен.

Введение

Анализ существующего опыта применения пенополистиролбетона в строительстве позволяет сделать вывод о том, что применение данного материала велось в основном по пути производства сборных конструкций в заводских условиях. В связи с этим большой интерес представляет изучение возможности применения пенополистиролбетона в монолитном строительстве зданий [1].

В настоящее время технология монолитного строительства зданий стремительно набирает обороты. Одно из главных преимуществ данной технологии связано с высокой скоростью возведения монолитных конструкций. Кроме того, отсутствие швов, присущих кладке стен из блоков, позволяет значительно улучшить тепло-, звуко- и шумоизоляционные характеристики, а также повысить прочность и долговечность конструкции. Стоит отметить, что стоимость стеновых конструкций, возведенных из монолитного пенополистиролбетона, ниже стоимости стен из блоков. При монолитном строительстве нет необходимости в задействовании заводов по производству стеновых блоков, отсутствуют расходы, связанные с транспортировкой, погрузкой-разгрузкой и подъемом блоков на этажи. Производство пенополистиролбетонной смеси может осуществляться непосредственно на строительной площадке. Таким образом, применение

монолитного пенополистиролбетона позволяет достичь высокой экономической эффективности стеновых конструкций.

Наряду с традиционным способом бетонирования ограждающих конструкций большую популярность набирает технология возведения монолитных стен из пенополистиролбетона с применением несъемной опалубки.

В качестве несъемной опалубки с фасадной стороны чаще всего предлагается облицовочная кладка в один или полкирпича, реже – панели-скорлупы из монолитного бетона. При этом следует выполнять проверку кирпичной кладки расчетом на давление пенополистиролбетонной смеси, а также при необходимости предусматривать усиление кладки временными креплениями. С внутренней стороны бетонируемой конструкции роль опалубки могут выполнять влагостойкие гипсокартонные листы в два слоя, магнезиальные листы или цементно-стружечные плиты. В соответствии с СТО НОСТРОЙ 2.6.182-2015 соединение наружной кирпичной кладки и внутренних листов, выполняющих функции несъемной опалубки, осуществляется с помощью арматурной сетки и перфорированной ленты. Лента одним концом крепится к сетке, устанавливаемой в горизонтальных швах кирпичной кладки, а другим – саморезами к стоечным П-образным оцинкованным профилям, на которые в последующем крепятся внутренние облицовочные листы или панели [2, 3].

Иное техническое решение монолитных ограждающих конструкций из пенополистиролбетона заключается в возведении легкого металлического каркаса, на который с обеих сторон крепятся элементы несъемной опалубки. Каркас стеновой конструкции устраивается на всю высоту этажа с применением оцинкованных профилей, нержавеющей стали и т.п. В качестве элементов несъемной опалубки также могут применяться стекломагнезиальные листы, цементно-стружечные плиты и лишь с внутренней стороны допустимо применение два слоя влагостойких гипсокартонных листов [3].

Иногда для придания архитектурной выразительности фасаду здания могут применяться элементы несъемной опалубки, имитирующие структуру природного камня или любую иную текстуру по усмотрению архитектора. В этом случае используют те же самые цементно-стружечные плиты или стекломагнезиальные листы, но с нанесением дополнительного декоративного покрытия. Также существуют технические решения с применением офактуренных плит, аналогичных тем, что используются в системе навесного фасада.

В случае применения съемной инвентарной опалубки чаще всего используют мелкощитовую опалубку из пластика, ориентированно-стружечных плит или фанеры. В целях обеспечения требуемого пожарного и влажностного режима наружных стен, поверхность конструкции обязательно должна быть оштукатурена цементно-песчаным раствором толщиной слоя не менее 20 мм [4].

Определению толщины монолитных ограждающих конструкций, а также прочностных характеристик пенополистиролбетона должны предшествовать теплотехнические и прочностные расчеты.

Разработка модели крупнощитовой пластиковой опалубки

Существующие технологии строительства зданий из монолитного пенополистиролбетона основаны преимущественно на применении несъемной опалубки. В данной работе разрабатывается модель крупнощитовой пластиковой опалубки для бетонирования монолитных стен из пенополистиролбетона.

При разработке модели крупнощитовой пластиковой опалубки в качестве прототипа была принята мелкощитовая опалубка из ABS-пластика GEOPANEL от производителя GEOPLAST. Применение ABS (акрилонитрилбутадиенстирола) в качестве материала опалубки обусловлено высокой механической прочностью, способностью поглощать удары, стабильностью при различных температурах (от -30°C до $+70^{\circ}\text{C}$), очень высоким качеством поверхности, а также дальнейшей переработкой. Широкое распространение опалубочная система GEOPLAST получила благодаря своим неоспоримым преимуществам:

– небольшой вес панелей позволяет осуществлять монтаж и транспортировку на строительной площадке вручную, без применения крана и других грузоподъемных механизмов;

- несмотря на легкость, опалубка из ABS-пластика обладает достаточной прочностью и способна выдержать нагрузку до 80 кН/м^2 ;
- низкая адгезия бетона к пластику позволяет получать качественную поверхность готовой конструкции, использовать меньшее количество смазки и осуществлять быструю очистку опалубки водой без применения моющих средств;
- при правильной эксплуатации оборачиваемость опалубочной системы составляет не мене 100 циклов, а по истечении срока службы опалубка может отправляться на дальнейшую переработку;
- благодаря устойчивости материала опалубки к температурам от -30°C до $+70^\circ\text{C}$ при влажности 100 % складирование может осуществляться в не специализированных условиях [5].

При проектировании опалубки задачей первостепенной важности является определение нагрузки. В целом нагрузки, действующие на опалубочную систему, подразделяют на две группы: вертикальные и горизонтальные. К первым относят нагрузки, возникающие от собственной массы опалубки, от массы арматуры и бетонной смеси, а также нагрузки, создаваемые транспортными средствами и живой рабочей силой. Вертикальные нагрузки возникают при бетонировании горизонтальных монолитных конструкций, в том числе наклонно-горизонтальных: балочных и ребристых перекрытий, куполов, сфер, оболочек, сводов, мостов, эстакад и других пролетных строений. Ко второй группе относят ветровые нагрузки и максимальное давление бетонной смеси. Ветровые нагрузки учитываются в условиях сильного ветра и принимаются по СП 20.13330.2010. Все вышеперечисленные нагрузки являются не столь существенными по сравнению с нагрузками при бетонировании, поскольку наибольшие нагрузки на опалубку возникают при укладке бетонной смеси. Наиболее значительными являются горизонтальные нагрузки от бокового давления бетонной смеси, на которые и рассчитывается опалубка вертикальных конструкций.

Максимальное давление бетонной смеси на опалубку принимается равным гидростатическому давлению с треугольной эпюрой (рис.1):

$$P_{\max} = \gamma h \text{ (кг/м}^2\text{)}, \quad (1)$$

где γ – удельный вес бетонной смеси, кг/м^3 ;

h – высота бетонирования, м.

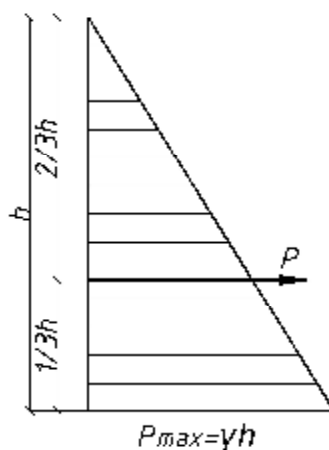


Рис. 1. Эпюра давления бетонной смеси

Результирующее давление приравнивается к площади эпюры, при этом следует учесть коэффициент запаса, который при расчете на боковое давление бетонной смеси принимается равным 1,3. Тогда горизонтальное давление на опалубку будет определяться по следующей формуле:

$$P = \frac{1,3\gamma h^2}{2} \text{ (кг/м)}. \quad (2)$$

Определив возможное максимальное давление пенополистиролбетонной смеси на опалубку, переходим к подбору ее сечения. Сечение опалубки назначается в зависимости от нагрузок, расчетной схемы и из условий:

а) прочности:

$$W = \frac{M}{R} \text{ или } \frac{bt^2}{6} = \frac{M}{R}, \quad (3)$$

где b – ширина опалубочной панели;

t – толщина опалубочной панели;

M – момент сопротивления сечения опалубки, кг·м;

R – расчетное сопротивление материала опалубки, кг/м;

б) жесткости:

$$J \geq \frac{kql^4}{Ef} \text{ или } f = \frac{Pl^3}{EJ} k \leq \frac{1}{400}, \quad (4)$$

где $1/400$ – предельно допустимое значение прогиба;

k – коэффициент, принимаемый по табл. 30 СП 16.13330.2011 в зависимости от схемы нагружения;

E – модуль упругости материала опалубки;

J – момент инерции сечения опалубки, определяемый по формуле (5):

$$J = \frac{bh^3}{12}. \quad (5)$$

Задавшись высотой опалубочной панели $h = 3$ м и шириной $b = 1,2$ м, в результате простых вычислений по формулам (1)-(3) получаем толщину опалубки $t = 40$ мм. Далее, убедившись в выполнении условия (4), приходим к выводу, что жесткость проектируемой опалубки обеспечивается, так как полученное значение прогиба $f = 0,05$ мм не превышает предельно допустимой величины, равной $1/400 = 3000/400 = 7,5$ мм.

Кроме всего прочего, проектирование опалубочной модели следует осуществлять с учетом того, что конструкция опалубки в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52085-2003 должна обеспечивать также:

- геометрическую неизменяемость формы и размеров под воздействием монтажных, транспортных и технологических нагрузок;
- проектную точность геометрических размеров монолитных конструкций и заданное качество их поверхностей;
- максимальную оборачиваемость и минимальную стоимость в расчете на один оборот;
- минимальную адгезию к схватившемуся бетону;
- минимальное число типоразмеров элементов в зависимости от характера монолитных конструкций;
- возможность фиксации закладных деталей в проектном положении и с проектной точностью;
- технологичность при изготовлении и возможность применения средств механизации, автоматизации при монтаже;
- быстроразъемность соединительных элементов и возможность устранения зазоров, появляющихся в процессе длительной эксплуатации;
- минимизацию материальных, трудовых и энергетических затрат при монтаже и демонтаже;
- удобство ремонта и замены элементов, вышедших из строя;
- герметичность формообразующих поверхностей;
- температурно-влажностный режим, необходимый для твердения и набора бетоном проектной прочности;
- химическую нейтральность формообразующих поверхностей к бетонной смеси, кроме специальных случаев;
- быструю установку и разборку опалубки без повреждения монолитных конструкций и элементов опалубки.

Проектируемая крупнощитовая опалубка для возведения стен из пенополистиролбетона представляет собой прямоугольные панели из ABS-пластика размером $3000 \times 1200 \times 40$ мм. Для обеспечения необходимой прочности и жесткости

наружная сторона опалубки выполнена ячеистой с большим количеством продольных и поперечных ребер жесткости, размещенных с шагом 300 мм. Внутренняя поверхность опалубочной панели, соприкасающаяся с укладываемым бетоном, является гладкой, что позволяет добиться высокого качества готовой бетонной поверхности. В торцах панелей предусматриваются отверстия под фиксаторы. В качестве фиксаторов применяются рукоятки, выполненные из специально разработанного прочного материала – полиамида. Простым поворотом рукояток на 90° обеспечивается надежное и герметичное соединение панелей. Крепление и регулирование панелей в вертикальном положении осуществляется с помощью раскосов. Предотвращение возможного подъема опалубки достигается креплением панелей анкерами к полу. Применение такой крупнощитовой опалубки по сравнению с прототипом позволяет значительно снизить трудоемкость и продолжительность работ по опалубливанию конструкций. При этом разработка данной модели крупнощитовой опалубки велась с учетом максимального сохранения основных преимуществ мелкощитовой опалубочной системы GEOPANEL, в том числе возможности осуществления монтажа вручную, поскольку вес проектируемой панели достигает лишь 27 кг. Таким образом, разработанная модель крупнощитовой опалубки способна достойно отвечать требованиям ГОСТ Р 52085-2003, предъявляемым к конструкциям опалубочных систем.

Схема предлагаемой крупнощитовой опалубки из ABS-пластика представлена на рис. 2.

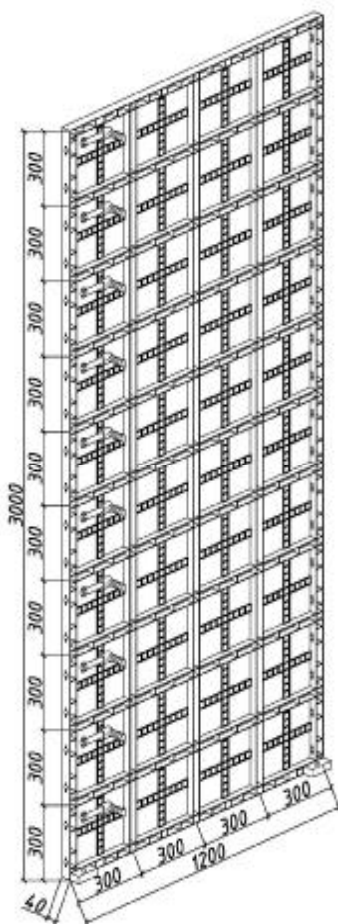


Рис. 2. Разработанная модель крупнощитовой пластиковой опалубки для бетонирования стен из пенополистиролбетонной смеси

Технология возведения монолитных наружных стен из пенополистиролбетона

Предлагаемая технология бетонирования монолитных стен из пенополистиролбетонной смеси предусматривает применение крупнощитовой пластиковой опалубки и пенобетоносмесительной установки.

Применение разработанной крупнощитовой пластиковой опалубки обеспечивает простоту и высокую скорость монтажа, а также отсутствие необходимости в использовании крана и прочих грузоподъемных механизмов.

Приготовление пенополистиролбетонной смеси предполагается осуществлять в условиях строительного производства с применением мобильного пенобетоносмесителя СПБУ-150 Люкс. Пенобетоносмеситель размещается на специально отведенном и подготовленном участке строительной площадки с уклоном не более 20° и с обеспечением удобных проходов для его загрузки, осмотра и ремонта. Основное преимущество данного пенобетоносмесителя заключается в возможности совмещения функций трех агрегатов: бетоносмесителя, пеногенератора и насоса для подачи бетонной смеси. При этом установка имеет небольшие габаритные размеры ($600 \times 800 \times 1400$ мм), что позволяет осуществлять производство работ в стесненных условиях либо размещать ее внутри помещения. Кроме того, пенобетоносмеситель СПБУ-150 Люкс имеет возможность подачи бетонной смеси на значительные расстояния: до 30 м по вертикали и до 100 м по горизонтали, что также является его несомненным достоинством.

Устройство монолитных ограждающих конструкций с применением пенополистиролбетонной смеси включает следующие работы:

- установка и вязка арматурных стержней стеновой конструкции по проекту;
- монтаж опалубки поярусно на каждом этаже с креплением и фиксацией;
- устройство и лесов (ЛСПР-20) на 1 этаж;
- приготовление пенополистиролбетонной смеси (на 1 м^3 : портландцемент – 400 кг, песок – 120 кг, вода – 280 л, суперпластификатор «Глениум 51» – 2,4 л, пенообразующая добавка «Пеностром» – 1,35 л, дробленый пенополистирол – 10 кг);
- укладка пенополистиролбетонной смеси в опалубку конструкции;
- выдерживание и уход за пенополистиролбетоном;
- разборка лесов;
- демонтаж опалубки [6-8].

Схема бетонирования монолитных ограждающих конструкций из пенополистиролбетона представлена на рис. 3.

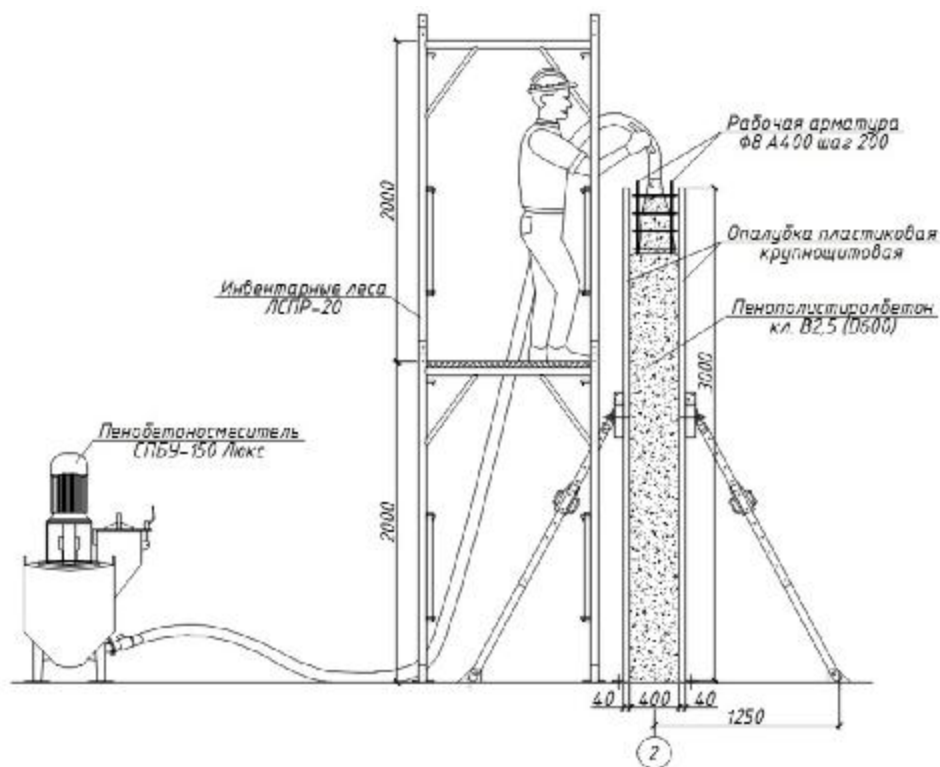


Рис. 3. Принципиальная схема возведения монолитных стен из пенополистиролбетона в крупнощитовой пластиковой опалубке

Для определения продолжительности возведения монолитных пенополистиролбетонных ограждающих конструкций составлен график производства работ (табл.).

Таблица

График производства работ

№	Наименование работ	Объем работ		Трудоемкость, чел.-см	Потребность в машинах и механизмах		Численность рабочих в смену, чел.	Продолжительность работ, см	Рабочие дни											
		Ед. изм.	Кол-во		Наименование машин и механизмов	Число маш.-см			1	2	3	4	5	6	7	8				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
1	Приготовление пенополистирол-бетонной смеси (загрузка пенобетоносмесителя)	100 м ³	0,46	6,75	-	-	2	3												
2	Подача бетонной смеси	100 м ³	0,46	0,88	СПБУ-150 Люкс	1,76	1	2												
3	Приготовление бетонной смеси в отдельно стоящих бетоносмесителях	1 м ³	46,1	-	СПБУ-150 Люкс	2,54	1	3												
4	Укладка бетонной смеси в конструкции стен	1 м ³	46,1	5,15	-	-	2	3												
5	Установка опалубки	1 м ² стен	115,2	0,82	-	-	2	1												
6	Разборка опалубки	1 м ²	230,4	1,45	-	-	2	1												
7	Установка и вязка арматуры отдельными стержнями	1 т	1,1	4,90	-	-	2	2												
8	Устройство инвентарных лесов	1 м ² стен	115,2	3,75	-	-	4	1												
9	Разборка инвентарных лесов	1 м ² стен	115,2	2,12	-	-	4	1												

Конструктивное армирование стен выполняется двумя вертикальными сетками со стержнями диаметром 8 мм класса А400. Стержни устанавливаются с шагом 200 мм в горизонтальном и вертикальном направлениях. Соединение отдельных стержней производится вязальной проволокой диаметром 1,1 мм. Соединение сеток между собой выполняется скобами из арматурной стали А240, диаметром 6 мм. Скобы следует устанавливать в шахматном порядке (400×400 мм). Обеспечение правильности положения арматуры заключается в использовании фиксаторов, устанавливаемых в шахматном порядке с шагом 1,0-1,2 м, для создания заданной толщины защитного слоя бетона.

Бетону, укладываемому в конструкцию стен, предъявляются следующие требования:

- класс по прочности на сжатие не менее В2,5;
- класс по плотности не менее D600.

Загрузка сырьевых компонентов в бетоносмесительную установку осуществляется с соблюдением определенной последовательности. Вначале производят заполнение

сосуда пенобетоносмесителя водой с отдозированным количеством добавок и дробленого пенополистирола. Затем после перемешивания жидких компонентов с пенополистирольными гранулами добавляют оставшиеся сухие компоненты: портландцемент и песок. Дальнейшее перемешивание смеси осуществляется в течение 3-4 минут при поддержании постоянного давления сжатого воздуха в сосуде. По истечении указанного времени вращение ротора останавливается, и готовая пенополистиролбетонная смесь под давлением подается в опалубку конструкции.

Уложенную в конструкцию пенополистиролбетонную смесь следует защищать от потерь влаги и попадания атмосферных осадков. В последующем необходимо поддерживать требуемые температурно-влажностные условия для обеспечения нарастания прочности пенополистиролбетона.

В качестве примера для составления калькуляции трудозатрат и графика производства работ (табл. 1) [9-10] по возведению монолитных ограждающих конструкций ($h = 3$ м) из пенополистиролбетона было рассмотрено одноэтажное здание с габаритными размерами в плане $9,6 \times 9,6$ м. На графике (табл.) наглядно отображены сроки (8 рабочих дней) и последовательность производства работ. Для данного примера сметная стоимость возведения монолитных стен из пенополистиролбетона в текущем уровне цен по состоянию на IV квартал 2017 года составляет 254,784 тыс. руб. Рассчитанные по ЕНиР затраты труда и машинного времени на возведение 46 м^3 монолитных пенополистиролбетонных конструкций составили 206,56 чел.-час и 34,4 маш.-час соответственно.

Заключение

1. Предложена модель крупнощитовой опалубки из ABS-пластика для бетонирования стен из пенополистиролбетонной смеси.

2. Разработана технология возведения ограждающих конструкций зданий из пенополистиролбетона с применением крупнощитовой пластиковой опалубки и мобильного пенобетоносмесителя СПБУ-150 Люкс, а также описана последовательность и представлен график производства работ.

3. Приведены технико-экономические показатели возведения монолитных стен из пенополистиролбетона. Установлено, что для возведения 46 м^3 монолитных ограждающих конструкций из пенополистиролбетона необходимо 254,784 тыс. руб, а также 206,56 чел.-час и 34,4 маш.-час затрат труда и машинного времени соответственно.

Список библиографических ссылок

1. Садович М. А. Пенополистиролцементные композиции в строительных материалах: Результаты исследований и внедрений в строительство. Братск : БрГТУ, 2000. 147 с.
2. Стены многоэтажных зданий из монолитного полистиролбетона. URL: <http://www.izoteh-spb.ru/services/monolit/3> (дата обращения: 20.04.2018).
3. Бадьин Г. М. Несъемные опалубочные системы для наружных стен малоэтажных зданий // Вестник гражданских инженеров. 2012. № 1 (30). С. 137–142.
4. Kharun M., Svintsov A. P. Polystyrene concrete as the structural thermal insulating material // International Journal of Advanced and Applied Sciences. 2017. № 4 (10). P. 40–45.
5. Onyekachukwu E. P., Sharma P., Singh J. Review work on plastic formwork // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2017. № 8. P. 1141–1146.
6. Изотов В. С., Ибрагимов Р. А. Ресурсосбережение при производстве железобетонных изделий с добавками гиперпластификаторов // Технологии бетонов. 2013. № 5 (82). С. 40–41.
7. Имайкин Д. Г., Ибрагимов Р. А., Мартынов М. М., Сунгатуллина А. Р. Технология зимнего бетонирования строительных конструкций с применением термоактивной опалубки // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 24. С. 96–98.

8. Ibragimov R. A. The influence of binder modification by means of the superplasticizer and mechanical activation on the mechanical properties of the high-density concrete // ZKG International. 2016. № 6. С. 34–39.
9. Король Е. А., Харькин Ю. А. Технологическая и организационная эффективность возведения многослойных наружных стен в монолитном строительстве // Строительство и реконструкция. 2013. № 6 (50). С. 3–8.
10. Коклюгина Л. А., Коклюгин А. В. Определение продолжительности строительства объектов нефтеперерабатывающей промышленности с учетом интересов участников инвестиционного строительного проекта // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 20. С. 290–292.

Farrakhova Evgeniya Olegovna

engineer

E-mail: evgeniya.f11@mail.ru

Ibragimov Ruslan Abdirashitovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: rusmag007@yandex.ru

Imaykin Dmitry Gennadyevich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: imaykindg@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The technology of construction of monolithic building envelope of polystyrene concrete

Abstract

Problem statement. Expanded polystyrene concrete is an effective heat-insulating material, used for the most part as wall blocks. Today the increased interest in monolithic construction creates the need to develop new and improve existing technologies for the use of monolithic expanded polystyrene concrete in wall structures. The purpose of the study is to develop an efficiency construction technology of monolithic expanded polystyrene concrete building envelope.

Results. The model of large-panel formwork made of ABS-plastic was developed for concreting monolithic walls using an expanded polystyrene concrete mix. The technology of erection of monolithic enclosing constructions of buildings from expanded polystyrene concrete is offered. Technical and economic indices are determined. The construction schedule of monolithic structures from expanded polystyrene concrete, reflecting the timing and sequence of production, is also presented.

Conclusions. The significance of the results obtained for the construction industry is the ability to reduce the complexity of construction and installation work on the construction of cost-effective monolithic building envelope.

Keywords: large-panel plastic formwork, formwork design, building envelop, expanded polystyrene concrete, construction technology of monolithic walls.

References

1. Sadovich M. A. Foam polystyrene cement compositions in building materials: Results of research and implementation in construction. Bratsk : BrGTU, 2000. 147 p.
2. Wall of high-rise buildings of monolithic polystyrene concrete. URL: <http://www.izoteh-spb.ru/services/monolit/3> (reference date: 20.04.2018).
3. Badin G. M. Non-removable shuttering systems for exterior walls of low-rise of buildings // Vestnik grazhdanskih inzhenerov. 2012. № 1 (30). P. 137–142.

4. Kharun M., Svintsov A. P. Polystyrene concrete as the structural thermal insulating material // International Journal of Advanced and Applied Sciences. 2017. № 4 (10). P. 40–45.
5. Onyekachukwu E. P., Sharma P., Singh J. Review work on plastic formwork // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2017. № 8. P. 1141–1146.
6. Izotov V. S., Ibragimov R. A. Resource in the manufacture of concrete products with the use of hyper plasticizer additives // Tekhnologii betonov. 2013. № 5 (82). P. 40–41.
7. Imaykin D. G., Ibragimov R. A., Martynov M. M., Sungatullina A. R. Technology of winter concreting of building structures using thermoactive formwork // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. № 24. P. 96–98.
8. Ibragimov R. A. The influence of binder modification by means of the superplasticizer and mechanical activation on the mechanical properties of the high-density concrete // ZKG International. 2016. № 6. P. 34–39.
9. Korol E. A., Kharkin Yu. A. Technological and organizational effectiveness for construction of multilayered external walls in the field of cast-in-place construction // Stroitelstvo i rekonstrukciya. 2013. № 6 (50). P. 3–8.
10. Koklyugina L. A., Koklyugin A. V. Determining the duration of construction of oil refining facilities taking into account the interests of participants in the investment construction project // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2014. № 20. P. 290–292.