

Комплексное применение монолитного пенобетона при строительстве в труднодоступных районах добычи энергоресурсов

Аспирант ГОУ СПбГПУ И.А. Лундышев

Наша страна обладает огромными запасами природных ископаемых энергетических ресурсов. Более того, нынешняя реальность такова, что от состояния рынка нефтегазовых ресурсов зависит вся экономика Российской Федерации. При этом ситуация осложняется крайне тяжёлыми климатическими условиями мест основной нефтегазовой добычи, отсутствующим или слабым транспортным развитием районов добычи, нехваткой рабочей силы в секторе, отсутствием развитой промышленной и строительной индустрии. Всё это делает необоснованно дорогим использование классических способов строительства, когда для строительства зданий требуются отдельные мощности, для строительства трубопроводов другие, а для строительства дорог щебень приходится привозить из соседних областей. Одним из возможных способов уменьшения стоимости строительства является унификация используемых материалов. Здесь на первый план выходит применение монолитного пенобетона, который благодаря возможности использования одного оборудования для производства как теплоизоляционных, так и конструктивных пенобетонов может использоваться для комплексных решений в строительстве в удалённых районах нефтегазовой добычи.

Строительство жилых зданий и сооружений в районах эксплуатации трубопроводов

При строительстве вахтовых поселков и насосных станций наиболее дешевым является каркасно-щитовое домостроение, которое с давних пор применялось в России, при этом для утепления применялись дающие осадку насыпные материалы, опилки или шлак.

Пришедшие с Запада утеплители в виде минеральной ваты и пенополистирола хотя и улучшили теплозащиту, но не сделали эти дома долговечными и комфортными для проживания. Минеральная вата с течением времени намокает и провисает, пенополистирол в случае пожара выделяет отравляющие вещества. Обязательное применение парозащитных пленок делает стены не дышащими, что требует наличия хорошей принудительной вентиляции, а забор для этого холодного воздуха зимой сводит на нет теплозащиту материала.

Существенным прорывом в малоэтажном домостроении является технология, совмещающая использование деревянных или легких металлических конструкций в каркасно-щитовом домостроении с получением на стройплощадке монолитного неавтоклавно, теплоизолирующего, звукоизоляционного или конструктивного пенобетона, используемого во всех элементах и узлах здания [1,2].

Первые дома по такой технологии в режиме круглогодичного строительства были построены еще в 1999-2000 гг. под Санкт-Петербургом. В качестве наружной и внутренней несъемной опалубки применялись цементно-стружечные плиты и гипсокартонные листы, между которыми заливался монолитный пенобетон. Жилые здания этого варианта каркасного типа, с основой из монолитного ленточного фундамента.

Для сейсмических районов здание усиливается комплексными включениями, с продольными и поперечными стенами. Сейсмические и несущие рамы совместно со стенами образуют жесткую схему здания. Перекрытия с замоноличенными ребрами и сейсмопоясами работают как единые диски, воспринимающие нагрузки.

Прочность и устойчивость здания обеспечивается совместной работой колонн, связанных между собой ригелями и перекрытиями, которые образуют геометрически неизменяемую систему. Ригели соединены со стенами металлическими анкерами. Также данная технология позволяет строить на плохих грунтах (заболоченность, вечная мерзлота), т.к. легкость конструкции и применение теплоизоляционного пенобетона в отсыпке позволяет защитить земляное полотно от промерзания или оттаивания.

Таблица 1. Калькуляция квадратного метра стены толщиной 350 мм из монолитного пенобетона D300 [3].

№ п/п	Элементы затрат	Величина затрат, руб
1	2	3
1	Раздел 1: Пенобетон Материалы: Портландцемент М400 (0,12 т * 3500 руб/т) Пенообразователь (0,9кг*106 руб/кг) Итого по материалам:	 420 95,4 515,4

	ФОТ (0,95 чел/час * 69,43 руб/чел/час) Машины и механизмы: Пенобетонная установка (0,28 маш/час*152 руб/маш/час) Электроэнергия (3,75кВт/час* 2.5руб/кВт/час) Вода (0,12*25) Итого по разделу:	65,96 42,56 9,38 3,00 636,3
2	Раздел 2. Каркас Материалы: Профиль направляющий 66*30 (1,4 м * 14 руб/м) Профиль направляющий 27*28 (1,7 м *10 руб/м) Профиль стойка 60*27 (6м*15 руб/м) Подвесы (3шт * 4 руб/шт) Дюбель (19 шт *0,4 руб/шт) Шуруп самонарезной (42 шт * 0,35 руб/шт) Закладные (деревянные) окон и отопительных приборов (0,007 м ³ * 3800 руб/м ³) Лист гипсокартонный, влагостойкий (1,4 м ² *69 руб/м ²) Шуруп самонарезной (50 шт *0,35 руб/шт) Пена монтажная (0,2 бал. *120 руб/бал) Итого по материалам: ФОТ (3 чел/час * 69,43 руб/чел/час) Итого по разделу:	19,6 17 90 12 7,60 14,70 26,60 96,60 17,50 24,00 325,60 208,3 533,89
3	Итого по разделам 1 и 2: Накладные, 90% от ФОТ Итого: Плановые накопления, 65% от ФОТ	1170,19 246,8 1417,02 178,3
4	Всего: НДС, 18% Итого с НДС	1595,29 287,15 1882,44

Пенобетон в трубопроводах

Сверхлегкий пенобетон для распространенных диаметров трубопроводов теплосетей по своим теплоизоляционным качествам не уступает ППУ изоляции, сохраняя при этом высокую надежность, долговечность, экологическую безопасность и простоту эксплуатации, а по потерям на теплопроводах даже превосходит ее. Монолитность пенобетона обеспечивает отсутствие мостиков холода, антикоррозийную защиту и невозможность расхищения теплоизоляции. Высокая технологичность монолитного пенобетона дает возможность прокладывать трассу на любой местности, а также в стесненных городских условиях. Возможна изоляция трубопровода с несколькими несущими трубами в единой конструкции – от 2-х и более. Монолитный пенобетон, согласно разработанным и утвержденным нормативным документам [4,5], используется при теплоизоляции наружной поверхности трубопроводов, предназначенных для:

- нефти, нефтепродуктов (в том числе стабильного конденсата и стабильного бензина), природного, нефтяного и искусственного углеводородных газов из районов их добычи (от промыслов), производства или хранения до мест потребления (нефтебаз, перевалочных баз, пунктов налива, газораспределительных станций, отдельных промышленных и сельскохозяйственных предприятий и портов);
- сжиженных углеводородных газов фракций C₃ и C₄ и их смесей, нестабильного бензина и конденсата нефтяного газа и других сжиженных углеводородов с упругостью насыщенных паров при температуре плюс 40 °С не выше 1,6 МПа (16 кгс/см²) из районов их добычи (промыслов) или производства (от головных перекачивающих насосных станций) до места потребления;
- товарной продукции в пределах компрессорных (КС) и нефтеперекачивающих станций (НПО), станций подземного хранения газа (СПХГ), дожимных компрессорных станций (ДКС), газораспределительных станций (ГРС) и узлов замера расхода газа (УЗРГ);
- импульсного, топливного и пускового газа для КС, СПХГ, ДКС, ГРС, УЗРГ и пунктов редуцирования газа (ПРГ).

Также монолитный пенобетон разрешено применять для:

- теплоизоляции наружной поверхности оборудования, паро-, газо-, водопроводов, газопроводов и воздухопроводов, расположенных в зданиях, сооружениях и на открытом воздухе с температурой содержащихся в них веществ от минус 180 °С до 600 °С;

- теплоизоляции трубопроводов тепловых сетей при всех способах прокладки, и предназначенной для обеспечения их эксплуатационной надежности, безопасной эксплуатации и необходимого уровня энергосбережения;
- противопожарных перегородок зданий, помещений и сооружений предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности в целях обеспечения защиты людей от огня и лучистой теплоты при пожаре, т.к. открытые эвакуационные лестницы должны иметь со стороны этажерки сплошное ограждение (экран) из несгораемых материалов с пределом огнестойкости не менее 0,25 ч;
- укрепления основания траншеи для избегания возникновения просадки основания под трубопроводами;
- укрепления имеющихся вблизи трассы действующих оврагов и провалов, которые могут повлиять на безопасную эксплуатацию трубопроводов.

Применение пенобетона для теплоизоляции трубопроводов обладает также следующими преимуществами:

- при применении пенобетона отпадает необходимость подсыпки грунта и замены пучинистых грунтов на непучинистые и выравнивания и уплотнения грунтового валика над трубопроводом;
- на участках трассы трубопроводов, прокладываемых в пределах урочищ с интенсивным проявлением криогенного пучения применение пенобетона предупреждает деформации оснований. Эрозирующие овраги и промоины также хорошо укрепляются пенобетоном.

Строительство автодорог

Большинство территории России расположено на грунтах с низкой несущей способностью, а зачастую – на болотах. Грунты в основном глинистые. По дорожной классификации они относятся к пучинистым и очень пучинистым. Это грунты, которые зимой в увлажненном состоянии вспучиваются, а весной образуют просадки. Пучинообразованию также способствуют: высокий уровень грунтовых вод, выклинивание грунтовых вод на косогорах, дождливые и холодные затяжные осень и весна, местами мягкая зима с медленным промерзанием грунта и с оттепелями, чередующимися с сильными морозами, резкие колебания температуры весной, выпадение осадков в период оттаивания дороги.

В условиях городских магистралей проблема неблагоприятных грунтов усугубляется наличием разветвленной сети инженерных коммуникаций, которая оказывает негативное влияние на водно-тепловые процессы в грунтовых основаниях дорог.

Территория основной нефте- и газодобычи, а также транспортировки нефтепродуктов относится к районам сезонного промерзания грунтов. Поэтому наряду с требуемой прочностью должна быть обеспечена достаточная морозоустойчивость дорожной одежды и земляного полотна (ВСН 46-83). Это приводит к увеличению толщины дорожной одежды и, следовательно, к удорожанию стоимости строительства. Выходом из этого положения является применение новых теплоизоляционных материалов с низкими коэффициентами теплопроводности и водопоглощения, но с достаточной прочностью. В идеале, при строительстве дороги вес основания дороги должен быть тот же, что и вес снятого грунта. Материалом, отвечающим всем этим требованиям, является монолитный пенобетон.

Использование монолитного пенобетона при строительстве автодорог позволяет [7]:

- повысить морозостойкость и несущую способность подстилающего грунта за счет образования плиты путем поглощения горизонтальных напряжений, возникающих в основании, что позволяет уменьшить его толщину;
- создать монолитную плиту с необходимой прочностью на изгиб;
- равномерно распределить нагрузки и сократить разрушающее воздействие на верхние слои и низлежащее земляное полотно дорожной одежды;
- предотвратить продавливание сыпучих материалов в мягкий грунт или болотистое основание;
- исключить выемку пучинистого грунта и его замену;
- снизить толщину дренажного слоя за счет исключения поступления воды;
- ограничить или полностью предотвратить промерзание подстилающего грунта земляного полотна;
- не устраивать повышенные насыпи или теплоизоляцию торфа в зоне вечной мерзлоты, чтобы сохранить вечномерзлый грунт в основании (теле) насыпи;
- резко сократить количество привлекаемых людских ресурсов и дорожной техники (в связи с отсутствием необходимости вибрировать и уплотнять уложенный пенобетон);
- снизить материалоемкость дорожных одежд за счет применения нетрадиционных конструкций и, следовательно, уменьшить затраты на традиционные строительные материалы: песок, щебень, гравий;

- повысить технологические возможности при дорожном строительстве, значительно сократив количество техники, уплотняющей основание дороги;
- снизить затраты на содержание и текущий ремонт.

В качестве принципиальных вариантов конструктивных решений земляного полотна с теплоизоляционным слоем из пенобетона может предусматриваться конструкция, представленная на Рисунке 1. При этом теплоизолирующий слой может находиться как в основании насыпи, так и в её теле, либо в основании дорожной одежды.



Рисунок 1. Схема дорожного полотна с использованием пенобетона

Однако необходимо отметить, что теплотехнические показатели центральной части конструкции тем лучше, чем ближе к дорожной одежде находится вышеозначенный теплоизолятор. Но одновременно с выполнением этого условия ухудшаются (в плане теплотехники) условия работы откосных частей конструкции. С целью решения данного противоречия рекомендуется применять комплексные решения, выбираемые на основе нижеприводимых базовых конструкций.

В случае если необходимая для тепловой защиты насыпи толщина слоя из пенобетона по расчету оказывается большой и неэкономичной, можно применять двухслойный теплоизолятор: верхний слой более тонкий из пенобетона, нижний слой из материала с большой эффективной теплоемкостью – влажный суглинок и др. Это позволяет снизить толщину слоя из пенобетона до экономически приемлемого значения (рис. 2). Принципиальные схемы базовых конструкций при двухслойном теплоизоляторе сохраняются теми же, что упомянуты выше.

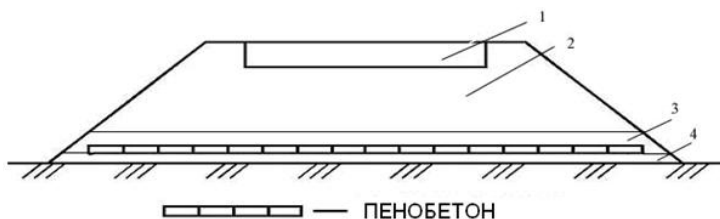


Рисунок 2. Схема дорожного полотна с использованием двух слоёв монолитного пенобетона, 1 – дорожная одежда, 2 – грунт насыпи, 3 – защитный слой, 4 – выравнивающий слой

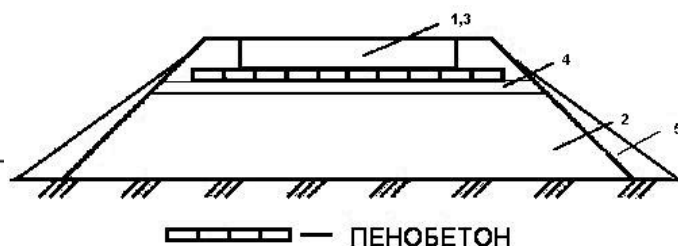


Рисунок 3. Схема дорожного полотна с использованием пенобетона непосредственно под дорожной одеждой, 1 – дорожная одежда, 2 – грунт насыпи, 3 – защитный слой, 4 – выравнивающий слой, 5 – присыпка

Данная конструкция применяется, когда требуется сохранить в мерзлом состоянии основание насыпи. Она обеспечивает термоизоляцию грунтов основания центральной части и под откосными частями насыпи земляного полотна одновременно, но характеризуется недостаточным использованием потенциала теплоизолятора, т.к. он расположен в подошве насыпи. В то же время данная конструкция характеризуется технологичностью и простотой в организации работ.

Конструкция, приведённая на рисунке 3, применяется для сохранения в мерзлом состоянии нижней части основания насыпи. Она характеризуется наиболее полным использованием потенциала теплоизолятора (поскольку теплоизолятор находится в верхней части насыпи), и максимально технологична, однако не обеспечивает термоизоляции грунтов основания под откосными частями насыпи. Для их термоизоляции могут применяться теплозащитные присыпки из мохоторфа или торфопесчаной смеси, толщину которых следует определять теплотехническим расчетом. Роль защитного слоя (3) выполняет грунт основания дорожной одежды.

Таким образом, рассматривая перспективу развития районов нефте- и газодобычи и сопутствующего строительства комплексно, можно значительно снизить затраты, используя монолитный пенобетон, производимый из местных материалов на унифицированном оборудовании, при строительстве дорог, трубопроводов и жилья.

Литература

1. Патент 63386 «Устройство ограждающей конструкции многоэтажного строения».
2. Альбом типовых решений в многоэтажном и малоэтажном строительстве с использованием монолитного пенобетона по технологии «СОВБИ» СП-III/2007. СПб, 2007.
3. Сборник ГЭСН (ФЕР)-2001-06 «Бетонные и железобетонные конструкции монолитные» Таблица ЭСН 06-01-117 и пр.
4. СТО-005-50845180-2007 «Теплоизоляция трубопроводов и оборудования неавтоклавным монолитным пенобетоном «СОВБИ». М., 2008.
5. Типовые решения прокладки трубопроводов тепловых сетей в изоляции из пенобетона «СОВБИ». Конструкции и детали. 313.ТС-0015.000.01. М., 2008.
6. Сборник ГЭСН (ФЕР)-2001-26 «Теплоизоляционные работы». Таблица ЭСН 26-01-13 и пр.
7. СТО-002-50845180-2007 «Применение неавтоклавного монолитного пенобетона «СОВБИ» в дорожном строительстве». М., 2008.
8. Методические рекомендации по теплоизоляции монолитным пенобетоном ограждающих конструкций малоэтажных зданий (на деревянном каркасе). СПб, 2007.
9. СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника».

**Игорь Андреевич Лундышев, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

Тел. раб.: +7(812)275-46-92, 275-46-77, 275-36-89

Эл. почта: finans@sovbi.spb.ru