

About the authors:

MOSKVINA Yulia Nikolaevna – Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: julim@yandex.ru

TROFIMOVA Polina Denisovna – Master's Student, Tver State Technical University, Tver.

УДК 624.139 (470.1/.2)

**ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ
СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ
В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА
И В ЗОНАХ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ**

Ю.Н. Москвина, П.Д. Трофимова

© Москвина Ю.Н., Трофимова П.Д., 2025

Аннотация. Рассмотрены особенности производства строительно-монтажных работ при низких температурах. Проанализированы проблемы, возникающие при строительстве объектов в сложных климатических условиях, и специфика производства бетонных, земляных работ, устройства свайных фундаментов, монтажа конструкций. Указаны ограничения, касающиеся осуществления сварочных работ.

Ключевые слова: вечная мерзлота, производство, строительно-монтажные работы, метод, зимнее бетонирование, земляные работы, свайные работы, конструкция, сварка.

Разработка организационно-технологической документации при строительстве объектов в условиях Крайнего Севера и зонах вечномерзлых грунтов (ВМГ) должна осуществляться с учетом температурно-ветровых нагрузок и продолжительности зимнего периода.

Схема и методы организации строительства разрабатываются исходя из условий обеспечения наименьших стоимости возведения объекта и трудозатрат, зависящих от транспортной доступности района строительства, объема и характера работ, сроков сдачи объектов в эксплуатацию [1].

Зимнее бетонирование

Производство бетонных работ в условиях Крайнего Севера и в зонах ВМГ имеет некоторые особенности, отличающие его от бетонных работ в зимних условиях [2]. Основной проблемой при строительстве монолитных зданий в указанных регионах является низкая отрицательная температура, что требует круглогодичного применения способов, обеспечивающих ускорение набора прочности бетоном при возведении фундаментов на ВМГ. В районах со среднемесячными температурами воздуха летом ниже +15 °С необходимо в течение всего года использовать способы зимнего бетонирования конструкций, так как среднемесячные температуры и короткий теплый период не обеспечивают нормальных условий для быстрого набора бетоном прочности [3].

Вторая проблема возникает при укладке бетонной смеси. Из-за низких температур наблюдается примораживание частиц бетона к арматуре, а просветы между стержнями забиваются. Впоследствии такая конструкция может дать трещины [3, 4].

Третья проблема связана с высококачественным цементом. Из-за погодных условий, труднопроходимых дорог, больших расстояний между складами и местом строительства цемент на север доставляется в ограниченном объеме. Хранение его в бумажных мешках в необорудованных складских помещениях ведет к потере активности цемента и образованию комков [3, 4].

При выборе способа зимнего бетонирования учитывают рациональные области их использования. Метод термоса эффективен для массивных конструкций, имеет ограничения по температуре применения, но отличается простотой технологии и низкой себестоимостью работ. Сущность способа заключается в сохранении тепла, полученного бетонной смесью в процессе ее приготовления и дополнительного разогрева в сочетании с экзотермическим тепловыделением цемента.

Применение противоморозных добавок характеризуется отсутствием энергозатрат, довольно легкой технологией производства работ, но распространение таких добавок ограничивает температура применения и воздействия на арматуру. В бетонную смесь вводятся противоморозные химические добавки, понижающие температуру замерзания и обеспечивающие твердение бетона при отрицательных температурах. При бетонировании конструкций, возводимых в распор с ВМГ (без опалубки), использовать бетоны с противоморозными добавками не допускается.

Обогревные методы позволяют выдерживать бетон практически любых конструкций, но требуют значительных энергозатрат, что повышает себестоимость и трудоемкость работ.

С учетом вышеизложенного выбор методов зимнего бетонирования должен производиться на основе технико-экономического обоснования [5–7].

В практике строительства применяют как отдельные методы, так и их комбинации (в зависимости от условий строительной площадки, возможностей производителя работ, требуемых темпов бетонирования и др.).

В плане расхода энергии наиболее эффективными являются метод термоса и метод бетонирования с использованием противоморозных добавок, но повсеместному использованию этих методов мешают, как было указано, температурные ограничения, причем метод термоса подходит только массивным конструкциям. Прогрев специальными (греющими) проводами уместен при очень низких температурах, требует регулирования температурного режима твердения бетона, значительных трудозатрат на монтаж обозначенных проводов, наиболее рационален в случае возведения плитных и линейных конструкций; может использоваться для периферийного обогрева массивных конструкций [5].

Несмотря на наличие многочисленных исследований, касающихся выбора оптимального метода обогрева, остается актуальным вопрос об оптимизации трудовых, материальных и энергетических ресурсов.

Земляные работы

Основной объем строительных работ на Крайнем Севере должен производиться в зимний период, когда возможен беспрепятственный подъезд тяжелых строительных машин и механизмов к любой точке строительной площадки [8]. В условиях севера осуществление земляных работ в летнее время, в отличие от центральных районов страны, может быть невыгодным из-за сезонного оттаивания грунтов в теплый период времени. Разработка грунта приведет к большим затратам труда и денежных средств с целью обеспечения водоотлива, установки креплений и устройства подъездов для землеройных машин.

При организации земляных работ необходимо учитывать сложные климатические факторы, неблагоприятные мерзлотно-грунтовые условия района строительства, труднодоступность, характерную для ВМГ, а также потери рабочего времени по метеорологическим условиям и вследствие снежных заносов.

В зависимости от конкретных местных условий разработку грунта в зимних условиях осуществляют с помощью предохранения грунта от промерзания и последующей разработки обычными методами; разработки грунта в мерзлом состоянии с предварительным рыхлением; непосредственной разработки мерзлого грунта; оттаивания грунта и его разработки в талом состоянии [8, 9].

Использование различных способов разработки ВМГ обусловливается временем года и грунтовыми условиями (таблица).

Применение способов разработки ВМГ [9]

Время года	Характеристика грунтовых условий	Рекомендуемые способы разработки грунтов
Декабрь-май	Сезонная мерзлота с ВМГ	<ol style="list-style-type: none"> 1. Пневмоинструмент. 2. Отогрев грунта огневыми установками. 3. Отогрев грунта паровыми иглами. 4. Электропрогрев токами высокого напряжения. 5. Взрывание (особенно с использованием щелевых зарядов). 6. Применение рыхлителей
Май-июнь	Начало оттаивания сезоннопромерзающего слоя	<ol style="list-style-type: none"> 1. Радиационное оттаивание. 2. Послойная срезка оттаявшего грунта бульдозером. 3. Предохранение грунтов от оттаивания и использование способов зимней разработки
Июнь-сентябрь	Значительное, а местами полное оттаивание сезоннооттаивающего слоя	Разработка малообводненных грунтов с помощью землеройных машинам (бульдозеров, экскаваторов); реализация на сильнообводненных грунтах мероприятий по осушению (возможна частичная разработка грейферами)
Сентябрь-октябрь	Промерзание сезоннопромерзающего слоя	<ol style="list-style-type: none"> 1. В зависимости от условий проведение мероприятий, направленных на предохранение или промораживание грунтов 2. Вымораживание грунтов. 3. При промерзании до глубины 0,3–0,4 м разработка одноковшовыми экскаваторами, далее использование зимних способов работ

Способы производства земляных работ и разработки ВМГ. Рыхление мерзлого грунта с последующей разработкой землеройными или землеройно-транспортными машинами осуществляют механическим или взрывным методом.

Механическое рыхление базируется на резании, раскалывании слоя мерзлого грунта статическим или динамическим воздействием.

Статическое воздействие основано на влиянии непрерывного режущего усилия, реализуемого специальным рабочим органом-зубом, в мерзлом грунте. Возможность послойной разработки такого грунта позволяет применять статические рыхлители независимо от глубины промерзания.

Динамическое воздействие базируется на создании ударных нагрузок на открытой поверхности мерзлого грунта: грунт разрушают молотами свободного падения (происходит рыхление раскалыванием) либо молотами направленного действия (рыхление сколом). В качестве молота направленного действия широко применяют дизель-молоты, используемые в качестве навесного оборудования к экскаватору или трактору. Дизель-молоты позволяют разрушать грунт на глубину до 1 м.

Рыхление взрывом допускается осуществлять при глубине промерзания 0,4–1,5 м или же при работе с большим объемом мерзлого грунта. Данный метод чаще всего используют на незастроенных участках, а если участок застроен, то применяют укрытия и локализаторы взрыва в виде тяжелых пригрузочных плит.

Блочный метод разработки основан на том, что монолитность мерзлого грунта нарушается с помощью разрезки его на блоки, которые затем удаляют экскаватором или строительным краном. Разрезку выполняют по взаимно перпендикулярным направлениям. При малой глубине промерзания (до 0,6 м) достаточно сделать только продольные прорезы.

Оттаивание мерзлого грунта осуществляют тепловыми способами, характеризующимися значительной трудоемкостью и энергоемкостью, поэтому их применяют только в тех случаях, когда другие методы недопустимы или неприемлемы.

По направлению распространения теплоты различают способы:

1) оттаивания сверху вниз. Это простой, но неэффективный метод, так как источник теплоты находится в холодной зоне, из-за чего происходят большие потери тепла;

2) оттаивания грунта снизу вверх (более трудоемкий метод, но его применение исключает большие потери тепла);

3) оттаивания грунта по радиальному направлению (теплота распространяется в грунте радиально от вертикально установленных прогревающих элементов, погруженных в грунт).

Тип теплоносителя также определяет способ оттаивания. Например, способ электропрогрева основан на пропуске тока через разогреваемый материал, в результате чего этот материал приобретает положительную температуру. Основными техническими средствами являются горизонтальные или вертикальные электроды. Паровое оттаивание основано на выпуске пара в грунт, для чего применяют паровые иглы, представляющие собой металлические трубы длиной до 2 м, диаметром 25–50 мм [8].

Свайные работы

Чаще всего на объектах, которые находятся в зонах вечной мерзлоты, возводят свайный фундамент.

В многолетнемерзлом грунте возможно использование свай различных типов (рис. 1). Рассмотрим их.

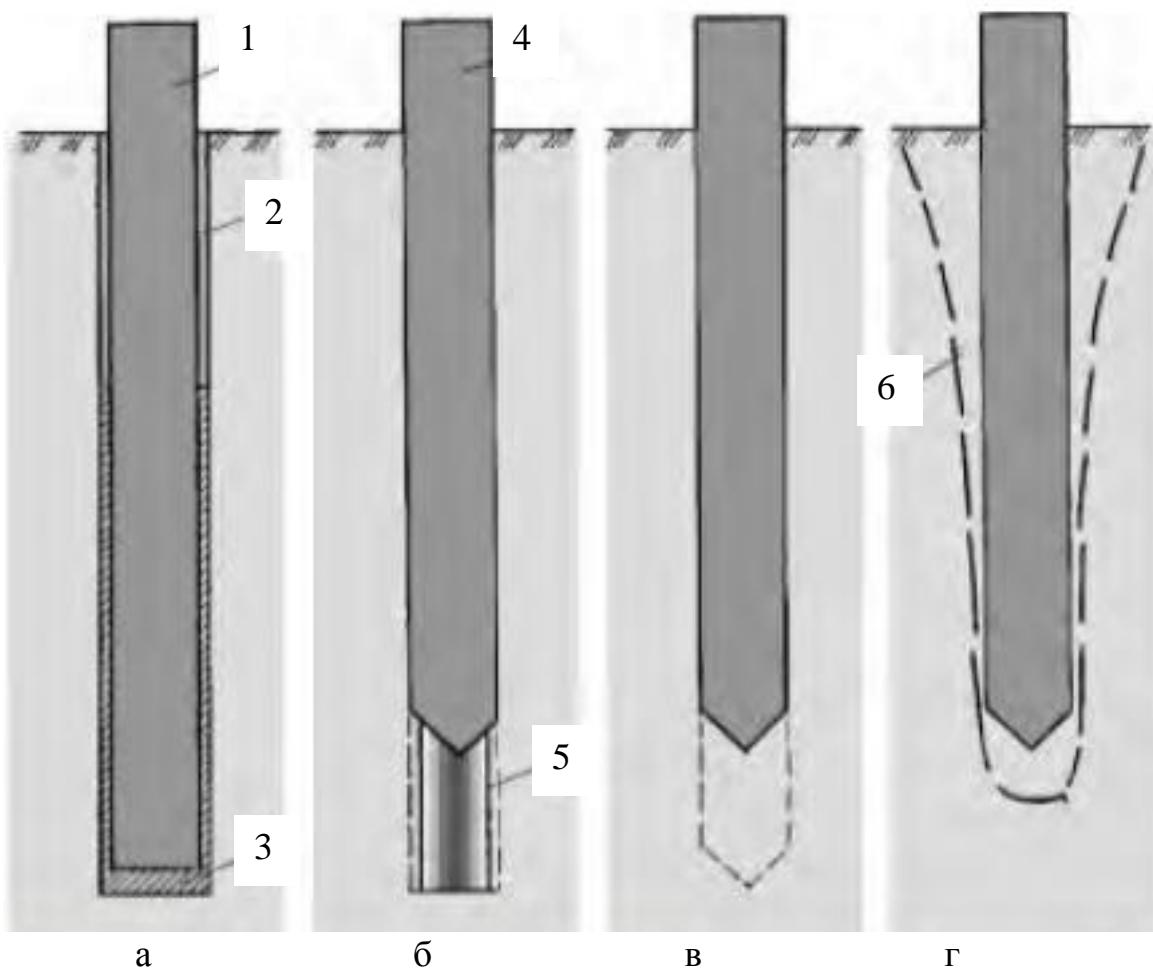


Рис. 1. Способы погружения свай в вечномерзлые грунты [11]:
а – буроопускной; б – бурозабивной; в – забивной; г – опускной;
1 – столб (свая); 2 – засыпка из местного грунта;
3 – цементно-песчаный раствор; 4 – свая;
5 – лидерная скважина; 6 – оттаявший грунт

Буроопускные – это сваи, которые свободно погружаются в скважины с диаметром, не менее чем на 5 см превышающим размер поперечного сечения сваи, а свободное пространство заполняется раствором. Данные сваи применяют при температуре грунта менее -50°C .

Опускные сваи используют в условиях твердомерзлых грунтов при наличии не более 15 % крупнообломочных включений. Принцип состоит в локальном оттаивании грунтов с помощью паровой иглы, после чего забивная свая попадает в оттаявший грунт. Свая вмораживается в толщу грунта после его промерзания [10].

Бурозабивные – сваи, которые погружаются забивкой в лидерные скважины с диаметром, меньшим наибольшего поперечного сечения сваи. Эти сваи применяют в пластичномерзлом грунте, не имеющем крупнообломочных включений [10].

Бурообсадные – полые сваи и сваи-оболочки, которые погружаются в грунт путем его разбуриивания в забое через полость сваи с периодическим осаживанием погружаемой сваи.

Винтовые – «полые сваи с винтом или одной или несколькими лопастями, которые погружаются завинчиванием в лидерные скважины (без лидерных скважин)» [11]; диаметр этих скважин должен быть меньше наибольшего поперечного сечения ствола сваи.

Винтовые сваи на протяжении многих лет активно применяют в условиях Крайнего Севера из-за небольших габаритов и высоких эксплуатационных показателей этих свай, а также уникальной технологии установки [11].

Существует различие между винтовыми сваями для ВМГ и сваями, применяемыми в талых грунтах. Во втором случае используют широколопастные анкеры с заостренным наконечником и отношением диаметров лопасти и ствола сваи $> 1,5$. В ВМГ применяют узколопастные анкеры с отношением диаметров лопасти и ствола сваи $< 1,5$ (рис. 2). Сваи для погружения в многолетнемерзлый грунт имеют больший угол наклона спирали, большее количество «витков» анкерной части и снабжены заостренным или зазубренным концом.

Установка винтовой сваи в ВМГ выполняется последовательно:

- 1) бурение лидерной скважины, диаметр которой меньше, чем внутренний диаметр полого трубчатого корпуса сваи;
- 2) установка сваи в лидерную скважину;
- 3) воздействие на сваю крутящего момента до погружения сваи на проектную глубину;
- 4) заполнение внутренней полости сваи цементно-песчаным раствором, отаянным выбуренным грунтом или иным грунтовым или песчано-цементным раствором;
- 5) выдержка заполненного раствора или грунта до его смерзания с массивом ВМГ [12].

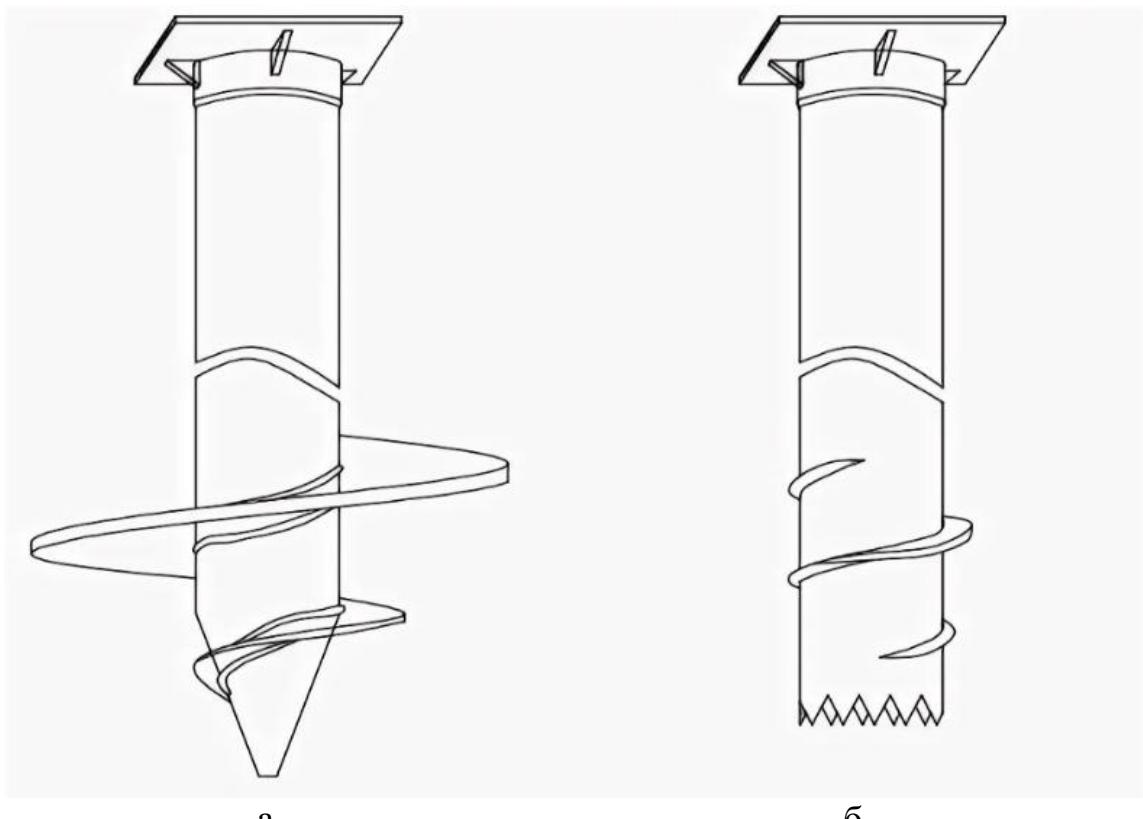


Рис. 2. Винтовые сваи для грунтов:
а – талых грунтов; б – вечномерзлых [12]

Установка производится при помощи гидравлических механизмов различных строительных машин.

Винтовой наконечник позволяет погружать сваи, не нарушая естественной структуры грунта: при завинчивании межвитковые промежутки грунта не разрыхляются, а наоборот, уплотняются лопастью сваи [12].

Еще один способ возведения свайного фундамента, часто применяемый при работе на ВМГ, осуществляют по буроопускной технологии [13, 14]. Этапы реализации этой технологии в указанных условиях:

1. Установка бурового станка на точку бурения.
2. Бурение скважины с диаметром, превышающим сечение свайного ствола на 100–200 мм (при этом предварительно или параллельно осуществляют сборку арматурного каркаса). Во время бурения грунт частично транспортируется на поверхность и одновременно уплотняется по стенкам скважины.
3. Бетонирование скважины. В процессе бетонирования бетон подается бетононасосом под давлением, после заполнения внутренней трубы шнеков бетоном открывается заглушка на забурнике и бетон

поступает на забой скважины. Одновременно с подачей бетона машинист производит извлечение шнека, формируя профиль сваи.

4. Погружение арматурного каркаса. Оно производится высокочастотным вибропогружателем, который обеспечивает перемещение каркаса до проектной отметки с одновременным уплотнением бетона.

5. Выдержка конструкции сваи до смерзания.

После окончания всех этапов свая приобретает большую устойчивость в ВМГ за счет смерзания с грунтом по всему сечению конструкции, что является огромным преимуществом данного метода установки свай, так как повышается сопротивляемость сваи крутящему моменту и сохраняется устойчивость при внезапном оттаивании [15].

По бокам фундамента производится обратная засыпка непучинистым грунтом. Задача при реализации такой засыпки – предотвратить самоизвлечение сваи, а между приподнятыми над поверхностью грунта полом первого этажа и грунта устраиваются продухи (проемы, расположенные по периметру здания и предназначенные для пропуска холодного воздуха) [16]. Если проектом предусмотрено наличие глубинных охлаждающих устройств, то до бетонирования следует выполнить их монтаж.

Монтажные работы

Большую часть монтажа металлических конструкций осуществляют в зимний период времени. Избежать низких температур эксплуатации металла не всегда возможно, поэтому при монтаже металлоконструкций следует исключить влияние факторов, обусловливающих дополнительное уменьшение хладостойкости металла. Для этого подбирают марки сталей с достаточной хладостойкостью; ограничивается применяемая толщина проката в сварных конструкциях, чтобы избежать объемного напряженного состояния, снижающего пластичность [17].

В условиях низких температур возникает необходимость перед монтажом металлоконструкций удалять наледь скребками и щетками, прогревать обледеневшие места до полного исчезновения следов наледи. В данном случае используют газовые горелки [18].

Главным, определяющим фактором повышения надежности металлоконструкций выступает качество выполнения соединений. В условиях низких температур применяют метод укрупнительной сборки с помощью сварки. Существует ограничение на ведение сварочных работ: сварку нельзя производить при температуре ниже -30°C , так как расплавленный металл остывает и кристаллизуется с большей скоростью, что может привести к образованию трещин или пор в швах.

Сварку деталей выполняют без перерывов до завершения половины толщины шва. Если перерыв неизбежен, то осуществляют медленное и

равномерное охлаждение стыка любыми доступными средствами (например, обкладкой листовым асбестом), а при возобновлении сварки температуру стыка повышают до 120–160 °С. Сварка узлов выполняется по технологическим картам или инструкциям, где есть конкретная последовательность наложения швов и методы, которые обеспечивают прочность и минимальные деформации [19].

Для уменьшения опасности производства сварочных работ нельзя применять ударные воздействия. Гибку и правку металла выполняют с предварительным его подогреванием [18].

Выводы

Строительство в условиях отрицательных температур сопряжено с трудностями, которые требуют детального планирования и подготовки. Следует при таких условиях стремится к снижению трудоемкости работ, минимизации затрат и т. д.

Развитие технологий зимнего бетонирования является залогом повышения эффективности и надежности бетонных работ, проводимых зимой. Выбор способа ускорения набора прочности бетонной смеси зависит от условий строительной площадки, возможностей производителя работ, требуемых темпов бетонирования. Разработка ВМГ требует больших затрат труда и денежных средств, так как нужно при подобной разработке обеспечить водоотлив, установить крепления и устроить подъезд машин.

Оптимальным конструктивным решением, удовлетворяющим суровым климатическим условиям, является строительство фундаментов на сваях. Основные преимущества такого строительства: отсутствие необходимости в разработке природного грунта в котловане, доступность технологии устройства.

Сборка металлоконструкций чаще всего выполняется сваркой деталей заводской готовности, сварочные работы – без перерывов. Если же работы необходимо приостановить, то проводят технологические мероприятия, обеспечивающие качество сварных соединений.

Таким образом, производство строительно-монтажных работ в условиях низких, отрицательных температур – сложный и трудоемкий процесс, требующий грамотной подготовки и соблюдения технологических режимов.

Библиографический список

1. Об утверждении Методики определения дополнительных затрат при производстве работ в зимнее время: Приказ М-ва строительства и жилищно-коммунального хозяйства Рос. Федерации от 25.05.2021 № 325/пр. URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-minstroja-rossii-ot-25052021-n-325pr-ob-utverzhdenii/> (дата обращения: 12.04.2025).

2. Особенности бетонных работ в условиях Крайнего Севера и в зонах вечномерзлых грунтов. URL: http://technology-jbi.ru/betonirovanie_v_usloviyah_krainego_severa/ (дата обращения: 12.04.2025).
3. Павлов А.С. Транспортировка бетонной смеси в условиях Крайнего Севера // Вопросы экологии. 2017. Т. 7. № 11. С. 24–27.
4. Макарова А.И. Монолитное строительство в условиях крайнего севера // Научный журнал молодых ученых. 2019. № 2 (15). С. 75–80.
5. Шеенко И.В. Анализ эффективности некоторых методов производства бетонных работ в зимних условиях // Инновационная наука. 2018. № 10. С. 98–101.
6. Садович М.А. Методы зимнего бетонирования: учебное пособие. Изд. 2-е, перераб. и доп. Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2009. 104 с.
7. Гнам П.А., Кивихарью Р.К. Технологии зимнего бетонирования в России // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 9 (48). С. 7–25.
8. Барышников А.А., Шадрина А.А. Земляные работы в зимних условиях // Региональное развитие. 2015. № 8 (12). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zemlyanye-raboty-v-zimnih-usloviyah/viewer> (дата обращения: 12.04.2025).
9. Сооружение земляного полотна в сложных условиях: учеб. пособие / Г.Л. Шалягин [и др.]; под ред. М.С. Клыкова. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2005. 131 с.
10. Игошина Е.Д. Возвведение фундамента в условиях вечной мерзлоты // Молодой ученый. 2020. № 21 (311). С. 563–566.
11. Опалихина А.А. Свайные фундаменты на винтовых сваях в условиях Крайнего Севера // Инновационная наука. 2018. № 6. С. 31–34.
12. Турдагина Ю.П. Винтовые сваи в вечномерзлых грунтах // Молодежь и наука: сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского края. Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2014. URL: <https://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/17371> (дата обращения: 12.04.2025).
13. Справочник по строительству на вечномерзлых грунтах / под ред. Ю.Я. Велли, В.И. Докучаева, Н.Ф. Федорова. Л.: Стройиздат. Ленинградское отделение, 1977. 552 с.
14. Особенности строительства свайных фундаментов в зонах вечной мерзлоты на объектах нефтегазовой отрасли / А.А. Ермаков, А.С. Захарова, В.А. Бегинина, М.С. Чухлатый // Инженерный вестник Дона. 2021. № 5 (77). URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_1_4_Ermakov_Zakharova_Beginina_Chuhlatyj.pdf_a6a76b1c86.pdf (дата обращения: 12.04.2025).

15. Возведение свай в условиях вечной мерзлоты / О.М. Преснов, В.П. Мелихов, С.А. Зайцев, Д.М. Сливина // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. № 2 (116). Ч. 1. С. 41–43.

16. Барышников А.А. Специфика возведения зданий и сооружений в районах Крайнего Севера и приравненных к ним территориях // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство: сборник статей. Самара: СГАСУ, 2016. С. 281–283.

17. Особенности проектирования зданий с металлическим каркасом в условиях Крайнего Севера / Н.М. Якушев, А.В. Каверин, О.Н. Ключникова, Т.Р. Баженова // Социально-экономическое управление: теория и практика. 2018. № 2 (33). С. 124–128.

18. Данченко Т.В., Ластовка А.В. Особенности строительства в условиях низких температур // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2024. Т. 14. № 3. С. 524–530.

19. Косарев Л.В., Костюкова Ю.С. Монтаж металлоконструкций в условиях Крайнего Севера // Инновации и инвестиции. 2022. № 12. С. 161–164.

SPECIAL ASPECTS OF SOME TYPES OF CONSTRUCTION AND INSTALLATION WORK IN THE FAR NORTH AND IN PERMAFROST ZONES

Y.N. Moskvina, P.D. Trofimova

Abstract. The features of construction and installation work at low temperatures are considered. The problems that arise during the construction of facilities in difficult climatic conditions and the specifics of the production of concrete, excavation, installation of pile foundations, and installation of structures are analyzed. The restrictions regarding the implementation of welding operations are indicated.

Keywords: permafrost, production, construction and installation work, method, winter concreting, excavation, pile work, construction, welding.

Об авторах:

МОСКВИНА Юлия Николаевна – кандидат философских наук, доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: julim@yandex.ru

ТРОФИМОВА Полина Денисовна – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: julim@yandex.ru

About the authors:

MOSKVINA Yulia Nikolaevna – Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: julim@yandex.ru

TROFIMOVA Polina Denisovna – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: julim@yandex.ru

УДК 69.003

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ

О.Р. Некрасова, А.В. Бровкин, Т.Р. Баркая

© Некрасова О.Р., Бровкин А.В., Баркая Т.Р., 2025

Аннотация. Описаны проблемы, возникающие при оценке реальной стоимости строительных конструкций, армируемых полимерной композитной арматурой. Рассмотрены трудности, появляющиеся при сравнении стальной и композитной арматуры с учетом затрат на их применение. Перечислены виды композитной арматуры, ее достоинства и недостатки.

Ключевые слова: композитная арматура, стальная арматура, стоимость, сравнение, оценка, строительная конструкция, армирование, затраты.

В современном строительстве одним из ключевых аспектов является экономический (стоимость строительства и рентабельность). В данном контексте анализ экономической целесообразности применения различных материалов особенно важен.

На данный момент на рынке имеется множество инновационных строительных материалов. Одним из таких материалов является композитная арматура различных видов: стеклокомпозитная, или АСК; базальтокомпозитная, или АБК; углекомпозитная, или АУК; арамидокомпозитная, или ААК; комбинированная композитная, или АКК.

Хотя первые исследования композитной арматуры проводились в 60-х годах XX века, полноценный нормативный документ по расчету и конструированию бетонных элементов, армированных полимерной композитной арматурой [1], был выпущен в нашей стране только в 2017 году.