

НАДЕЖНОСТЬ ОСНОВАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В КРИОЛИТОЗОНЕ

УДК 531.340:624.139

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ СООРУЖЕНИЙ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ

В. П. Власов, Г. З. Перлыштейн, Ю. А. Попов*

Северо-Восточная научно-исследовательская мерзлотная станция института мерзловедения им. П. И. Мельникова СО РАН, 685024, Магадан, ул. Гагарина, 12, Россия

** Московский центральный трест инженерно-строительных изысканий Госстроя РФ, 121010, Москва, Спасский тупик, 6, Россия*

Главной причиной потери устойчивости сооружений на территории северо-востока России является оттаивание грунтов оснований. В аварийных ситуациях для восстановления расчетного температурного режима применяют специальные охлаждающие устройства. Практика показывает, что этих мер бывает недостаточно, так как в процессе замораживания оттаявших грунтов здание продолжает деформироваться.

Предлагается способ усиления свайных фундаментов, исключающий этот недостаток. Он состоит в том, что одновременно с замораживанием производится задавливание свай до плотного упора. Важность метода особенно очевидна в связи с глобальным потеплением климата.

В статье приводятся также положительные примеры свайного фундаментостроения на северо-востоке России.

Вечная мерзлота, несущая способность, неустойчивость сооружений, замораживание грунтов, задавливание свай

CONSTRUCTION STABILITY PROBLEMS IN THE RUSSIAN NORTH-EAST

V. P. Vlasov, G. Z. Perlshtein, G. A. Popov*

North-Eastern Research Station of Permafrost Institute SB of RAS, 685024, Magadan, Gagarin St. 12, Russia

** Moscow Central Trust of Engineering Construction, Spasskii tupik, 6, Moscow, 121010, Russia*

In the North-East of Russia ground thawing under foundations is the main cause of instabilities and deformations of constructions. In an emergency to provide the calculated thermal regime, a special cooling device is usually applied. However the practice shows that it is not enough because as long as thawed ground remains under refreezing the building keeps on deforming. To strengthen the pile foundation, the method is proposed that has no this drawback. It implies that simultaneously with the freezing of basement the piles are firmly pressed into the ground. The importance of the method is especially evident in the context of global warming.

The positive examples are also presented from the pilings in the North-East of Russia.

Permafrost, bearing capacity, construction instability, freezing of ground, pile pressing into the ground

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Важнейшая характеристика многолетнемерзлых пород (ММП) — их динамичность под влиянием природных и антропогенных воздействий. Во многих населенных пунктах Крайнего Северо-Востока, где велось интенсивное строительство, отмечается заметное изменение геокриологических условий. Оно приобретает все более опасный характер для устойчивости инженерных сооружений, абсолютное большинство которых возведено на свайных фундаментах и

эксплуатируется по принципу I [СНиП 2.02.04-88, 1990]. Об этом свидетельствуют участвовавшие случаи деформаций зданий, приносящие экономике региона ощутимый материальный ущерб. Причины такого положения можно условно разделить на три группы:

1) субъективные недостатки проектно-изыскательских и строительно-монтажных работ; сюда же относятся нарушения правил эксплуатации оснований сооружений;

2) объективные трудности выработки оптимальных технических решений при массовой за-

стройке новых территорий со сложными мерзлотно-грунтовыми и гидрогеологическими условиями;

3) недостатки существующих методов прогноза мерзлотных условий, рекомендованных строительными нормами и приводящие к особенно большим ошибкам для крупнообломочных ММП, наиболее распространенных на строительных площадках региона.

Кроме изменения несущей способности грунтов под отдельными сооружениями, известны примеры, когда в течение последних 5—10 лет среднегодовые температуры ММП на застроенных территориях повысились на 0,5—2 °С, причем зачастую с формированием техногенных надмерзлотных таликов. Такие нарушения характерны для районов со сложным рельефом местности, где планировка осуществляется засыпкой понижений. Последняя в большинстве случаев не обеспечивает теплозащиту ММП, а наоборот, способствует возникновению таликов в результате фильтрации просочившихся поверхностных вод и утечек из всевозможных водоводов и теплотрасс. Фильтрационные потоки в таликовых зонах интенсифицируют термокарст и возможно ведут к развитию подземной термоэрозии. Особенности подобных криогенных процессов чрезвычайно слабо освещены в специальной литературе, плохо прогнозируются и практически не нашли отражения в теории градостроительства на Севере.

Есть все основания полагать, что проблемы надежности строительства обостряются из-за известного процесса глобального потепления климата [Хрусталева, 1995]. Нельзя не отметить, что изменения геокриологических условий приведут также к расширению границ сейсмически опасных районов строительства с увеличением их балльности (на 1—2 балла) при переходе ММП в талое состояние.

В результате повышения температуры ММП (и тем более их протаивания) несущая способность свайных фундаментов резко снижается, что приводит к авариям сооружений. Особенно неблагоприятное положение складывается в районах с засоленными ММП, деформационные и прочностные свойства которых весьма чувствительны к температурным колебаниям [Щегольков и др., 1991]. Примером может служить строительный-хозяйственный комплекс г. Анадырь, где главной причиной деформаций сооружений является послепостроечное растепление грунтов оснований. Для борьбы с ним обычно применяют те или иные охлаждающие устройства, устанавливаемые в скважинах за контуром зданий. Практика показывает, что при распространении очага растепления ниже глубины зало-

жения фундаментов, этих мер бывает недостаточно для быстрой ликвидации аварийных ситуаций. Дело в том, что процесс замораживания оттаявших грунтов обычно растянут во времени, в течение которого сооружения продолжают подвергаться опасным деформациям. В настоящее время в Анадыре в таком положении находится здание окружной администрации и несколько жилых домов, один из которых пришлось вывести из эксплуатации из-за опасности обрушения.

Среди способов усиления деформирующихся сооружений, кроме промораживания образовавшихся таликов, в некоторых случаях используют цементацию оснований или установку дополнительных столбчатых фундаментов между сваями, а также взятие надземных частей зданий в металлические „корсеты“. Следует отметить, что эффективность этих усилений невелика. Почти все укрепленные таким образом сооружения продолжали деформироваться и часть из них приходилось демонтировать из соображений безопасности и экономичности [Горский и др., 1989].

При изучении условий работы буроопускных вмороженных свай в фундаментах деформирующихся зданий установлено, что с повышением температуры ММП происходит перераспределение основной доли сопротивления внешним нагрузкам с боковой поверхности на подошву свай. Поэтому они начинают неравномерно вдавливаться в грунтовый (шламовый) раствор, который при растеплении теряет свою прочность. Величина просадок свай зависит от толщины слоя шлама на забое скважин и деформационных свойств грунтов, залегающих в их основаниях.

При обследовании вскрытых свай обнаруживаются факты преждевременного разрушения их материала. Они отмечаются на глубинах до 1,0 м от планировочных отметок и характерны, в основном, для фундаментов, находящихся в эксплуатации более 20 лет. Известно, что бетон свай подвергается разрушению из-за совместного воздействия знакопеременных температур, увлажнения и наличия растворимых солей в грунтах сезонноталого слоя под проветриваемыми подпольями [Гончаров, 1988]. Это со временем вызывает деформации материала фундаментов, что иногда становится усугубляющей причиной аварий сооружений с катастрофическими последствиями. Необходимо напомнить случаи внезапного обрушения здания Анадырской геолого-разведочной экспедиции в 1972 г., здания столовой-магазина в г. Кайеркан под Норильском (с человеческими жертвами) в 1976 г. и здания пункта перегрузки угля шахты „Кадык-

чанская“ в 1980 г., а также жилого дома с котельной в Якутске. Эти аварии послужили причиной массового обследования состояния свайных фундаментов в Якутске и Норильске. В результате были разработаны рекомендации по ремонту свай путем взятия их верхних частей в обоймы из морозостойкого бетона с усиленным армированием [Гончаров, 1988; Меженский, Магера, 1989]. Однако такие укрепления не спасали фундаменты от снижения несущей способности при растеплении оснований [Власов, 1997].

СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ДЕФОРМИРУЮЩИХСЯ ЗДАНИЙ

В связи с изложенным разработан новый способ усиления свайных фундаментов, попавших по какой-либо причине в зону растепления. Он заключается в том, что наряду с применением охлаждающих устройств, сваи в зоне растепления задавливаются гидравлическими домкратами до плотного упора в оттаявший грунт, подстилаемый мерзлым основанием. Этот способ позволяет не только повысить надежность усиления в целом, но и обеспечить устойчивость свайных фундаментов в критический период восстановления мерзлого состояния грунтов, причем во многих случаях без прекращения эксплуатации сооружения [Власов, Гулый, 1996]. К его важным достоинствам следует отнести возможность одновременного укрепления (ремонта) фундаментных конструкций, подверженных деформациям вследствие деструкции бетона.

Методика создания мерзлотных завес для локализации и промораживания таликов широко известна [Ганеев, 1984]. Ниже рассматриваются особенности задавливания свай, которое является составной частью предлагаемого способа.

Основой проекта усиления служат материалы инженерно-геологических изысканий и проектно-исполнительная документация. В проекте должны быть указаны: фактические параметры погружения свай с привязкой к мерзлотно-геологическим разрезам на момент начала работ; расчет эксплуатационных нагрузок на сваи и очередность их задавливания; номера свай, у которых необходимо произвести дооттаивание вмещающих ММП; перечень загрузочного, страховочного и контрольно-измерительного оборудования, а также рекомендации по технике безопасности.

Задавливание свай в локализованной зоне растепления грунтов под сооружением с проветриваемым подпольем осуществляют в следующем порядке. Выбранные сваи вскрывают на глубину 1,2 м ниже планировочной отметки про-

ветриваемого подполья с целью освидетельствования целостности бетона. В непосредственной близости от них устанавливают опорную клетку с подстраховочным гидродомкратом, на который подается давление, соответствующее эксплуатационной нагрузке. Верхнюю часть свай срубуют и после соответствующей подготовки на них устанавливают рабочие домкраты, усилие от которых через коробчатые металлические прокладки или балки передается на низ ростверка. Давление на гидродомкраты подается с помощью входящих в комплект электрических насосных станций, оснащенных автоматическим пультом управления, который позволяет одновременно задавливать несколько свай в разных участках фундамента.

При необходимости дотаивания слоя шлама на забое скважин или грунта в их основаниях, в свайные пазухи, заполненные грунтовым раствором, погружают три глубинные электрода, постепенно наращивая их длину. Для этого используют куски стальной арматуры, забивку осуществляют перфоратором. Электрический ток на глубинные электроды подают в течение нескольких часов. Контролируют оттаивание щупами из арматурных стержней, фиксируя скорость их внедрения в оттаиваемую толщу. В случае опирания на мерзлый грунт погружение стержней резко замедляется, что служит сигналом к продолжению оттаивания. Не исключаются и способы геотермического контроля, например, с помощью температурных трубок.

Задавливание свай производится тремя-шестью циклами продолжительностью 8—12 ч. При этом нагрузка каждый раз должна быть одинаковой, обычно равной эксплуатационной. Между циклами делается перерыв, в среднем на 8 ч. Для ускорения работ вдавливающую нагрузку на сваю допускается повысить, но не более, чем в 1,5 раза. Глубина принудительного додавливания свай до плотного упора зависит от суммарной величины осадки уплотнения шлама (на забое скважин) и нижележащих грунтов. Часто шламовый раствор просто вытесняется в свайные пазухи вдавливаемыми сваями. После окончания осадок уплотнения оттаявший грунт в результате многократного циклического нагружения приобретает упругие свойства и при совместной работе с подстилающим стабилизированным мерзлым основанием становится способным воспринимать на себя эксплуатационные нагрузки. Несущая способность сваи считается восстановленной, если в последнем цикле нагружения ее осадка не превышает 15 мм, причем за последний час наблюдений не более 0,1 мм.

Следует учитывать, что глубина принудительного погружения сваи до прочного основания

может превысить длину рабочего хода вдавливающего цилиндра гидродомкрата. В этом случае его приходится устанавливать в новое положение и использовать дополнительные прокладки. С целью исключения неравномерных осадок свай и местных разрушений ростверка очередность за-давливания определяется с таким расчетом, чтобы ростверк здания не испытывал недопустимых прогибов, а подлежащая усилению свая располагалась между двумя уже задавленными и введенными в состав фундамента. Если рядом находятся еще неусиленные сваи, то обязательно применение страховочных опор.

После окончания задавливания сваи жестко сопрягают с ростверком. Для этого оголенную арматуру обрубленной сваи соединяют приваренными арматурными коротышами и в инвентарной металлической опалубке замоноличивают высокомарочным морозостойким раствором бетона с тщательным виброуплотнением. По достижении необходимой прочности бетона (для ускорения применяют электропрогрев) производят распалубку и демонтаж страховочных опор.

Важным практическим достоинством изложенного метода является быстрота выполнения работ. Так, в 1972 г. усиление фундаментов двух жилых домов в Магадане осуществлено за три месяца [Конаш и др., 1973]. В дальнейшем сроки работ были сокращены. При этом усилено более 200 свай. Все здания, укрепленные более 20 лет назад, до сих пор не испытывают никаких признаков деформаций. Полный контроль за ходом усиления и возможность управления осадками фундамента гарантируют качество и устойчивость сооружения в критический период промораживания основания, сроки которого могут составлять от одного года до несколько лет [Ганеев, 1984]. В дальнейшем промороженные грунты оснований усиленных зданий будут эксплуатироваться по принципу I в полном объеме. Наличие же охлаждающих установок по контуру зданий обеспечит надежность оснований на весь срок их эксплуатации.

В условиях глобального потепления климата, описанный способ может быть использован для перевода висячих буроопускных замороженных свай в сваи-стойки. Такой профилактический прием весьма эффективен, например, в случаях неоправданного использования висячих свай на участках с неглубоким залеганием кровли скальных или других малосжимаемых при оттаивании пород. Как показывает опыт, такие примеры в практике устройства фундаментов в криолитозоне встречаются довольно часто.

ДРУГИЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ, СПОСОБСТВУЮЩИЕ ПОВЫШЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ СООРУЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ КРАЙНЕГО СЕВЕРО-ВОСТОКА

Более чем полувековая история строительства на Крайнем Северо-Востоке изобилует как отрицательным опытом, так и удачными инженерными решениями. К ним, например, можно отнести эффективные способы устройства и методы расчета свайных фундаментов в талых и оттаивающих грунтах, обеспеченные региональными строительными нормами [Власов, 1992]. С их помощью удалось достичь надежности и экономичности строительства ряда инженерных сооружений в Магадане. Этот опыт может оказаться полезным для районов, где из-за глобального потепления климата ожидаются существенные изменения геокриологических условий. В пос. Мыс Шмидта, на территории которого широко распространены засоленные ММП, успешно применена технология погружения замороженных свай, позволяющая воспринимать большую часть эксплуатационных нагрузок не боковой поверхностью, а их подошвой [Щегольков и др., 1991]. С использованием таких свай здесь построено и надежно эксплуатируется 10 пятиэтажных жилых домов и средняя школа. Нельзя сбрасывать со счетов имеющийся опыт по промораживанию и предпостроечному оттаиванию грунтов оснований [Ганеев, 1984; Айдла, 1963]. Последний, к сожалению, незаслуженно забыт на Крайнем Северо-Востоке. В то же время он имеет широкое распространение в строительной практике Аляски (США) и на севере Канады.

В настоящее время для обеспечения устойчивости сооружений на мерзлом основании, помимо традиционных замораживающих установок, изучается возможность управления геотехническими свойствами ММП с помощью тепловых насосов (ТН). Применение ТН позволяет утилизировать отводимое из грунта тепло, например, для обогрева зданий и тем самым компенсировать затраты на оборудование систем охлаждения [Goodrich, Plunkett, 1990; Perlshtein et al., 1994].

Использование многолетнего положительного опыта и новейших результатов исследований несомненно поможет успешнее решать многие проблемы строительного комплекса в криолитозоне, в том числе связанные с глобальным потеплением климата. Можно утверждать, что их рациональное применение будет заметно влиять на социально-экономические показатели северных регионов страны, переходящих на современные условия хозяйствования.

Литература

- Айдла Т. А. К освоению метода предпостроечного оттаивания грунтов оснований // Тр. ВНИИ-1, т. XXII. Магадан, 1963, с. 63—104.
- Власов В. П. Особенности свайного фундаментостроения в талых и оттаивающих грунтах Магаданской области. Якутск, ИМЗ СО РАН, 1992, 176 с.
- Власов В. П., Гулый С. А. Способ усиления свайных фундаментов в зоне вечной мерзлоты // Знание — на службу нуждам Севера // Мат-лы 1-ой междунар. конф. Академии Северного Форума республики Саха (РФ). Якутск, ИМЗ СО РАН, 1996, с. 184.
- Власов В. П. О некоторых проблемах строительства в криолитозоне // Проблемы технологии производственного процесса, методологии учебного процесса, геологии, экологии и горного дела // Мат-лы науч.-практ. конф. Хаб. гос. техн. ун-та. Магадан. фил., Магадан, Мф ХГТУ, 1997, с. 100—102.
- Гапеев С. И. Укрепление мерзлых оснований охлаждением. 2-ое изд., перераб. и дополн. Л., Стройиздат, 1984, 156 с.
- Гончаров Ю. М. Эффективные конструкции фундаментов на вечномёрзлых грунтах. Новосибирск, Наука, 1988, 193 с.
- Горский В. Ф., Клишевич А. А., Попов Ю. А. и др. Гражданское и промышленное строительство // Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток. М., Недра, 1989, с. 457—467.
- Конаш В. Е., Горский В. Ф., Власов В. П., Попов Ю. А. Новый способ усиления свайных фундаментов // Мат-лы 2-ой обл. науч.-техн. конф. по делам строительства и архитектуры. Магадан, 1973, с. 173—178.
- Меженский В. И., Магера В. П. К возможности применения методов неразрушающей диагностики для оценки состояния материала фундаментов зданий и сооружений, возведенных на вечномёрзлых грунтах. Якутск, ИМЗ СО АН СССР, 1989, 46 с.
- СНиП 2.02.04-88. Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах // Госстрой СССР. М., ЦИТП Госстроя СССР, 1990, 56 с.
- Хрусталеv Л. Н. О необходимости учета глобального потепления климата в проектировании сооружений на вечномёрзлых грунтах // Эволюционные геологические процессы в Арктических регионах и проблемы глобальных изменений природной среды и климата на территории криолитозоны. Тез. докл. юбил. годичн. собр. Совета по Криологии Земли РАН. Пушино, 1995, с. 122—124.
- Щегольков Ю. Г., Горский В. Ф., Власов В. П., Муравьев С. В. Особенности применения свайных фундаментов на прибрежной территории северных морей Магаданской области // Тр. Магаданпромстройинипроекта. Магадан, 1991, с. 22—28.
- Goodrich L. E., Plunkett J. C. Performance of heat pump chilled foundations // Proceedings, V-th Canadian Permafrost Conference, 1990, p. 409—418.
- Perlstein G. Z., Vlasov V. P., Khrustalev L. N. The use of heat pumps for building in permafrost areas // 2-d Int. Conf. On Arctic Margins. Magadan, 1994, p. 139—140.

*Поступила в редакцию
15 декабря 1998 г.*