

ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИЯ ММП В ОСНОВАНИЯХ СООРУЖЕНИЙ С ПОЛАМИ ПО ГРУНТУ

Р.М. Баясан¹, А.Р. Баясан¹, Г.П. Пустовойт², А.Н. Цеева³

¹АОЗТ "Интер Хит Пайп", Москва, Россия

²Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³Институт ПромстройНИИпроект, Якутск, Россия

Здания и сооружения с полами по грунту, не допускающие устройства вентилируемых подполий по технологическим соображениям, требуют активной термостабилизации для сохранения мерзлого состояния грунтов оснований. Для этого предлагается использовать систему горизонтальных (слабонаклонных) термосифонов ТМД-5М конструкции АОЗТ "Интер Хит Пайп". В докладе представлены технические параметры этих термосифонов и результаты математического моделирования температурных полей, создаваемых ими под сооружением.

THERMAL STABILIZATION OF PERMAFROST SOILS AT BASES OF STRUCTURES WITH FLOORS ON THE GROUND

R.M. Bayasan¹, A.R. Bayasan¹, G.P. Pustovoi², A.N. Tseeva³

¹"Inter Heat Pipe" Corp., Moscow, Russia

²Geological Faculty of M.V. Lomonosov Moscow State University, Russia

³PromstroyNIIProject Institute, Yakutsk, Russia

Buildings and structures with floors on the ground do not permit ventilated cellars because of technological features, and they need thermal stabilization to preserve permafrost at the bases of these objects. We suggest using cooling systems of horizontal (slightly inclined) thermo-siphons TMD-5M constructed by "Inter Heat Pipe" Corp. The paper presents the engineering data of these thermo-siphons as well as computer simulation results for produced temperature fields under the object.

При проектировании и строительстве инженерных сооружений в криолитозоне применяются различные типы фундаментов, в том числе «полы по грунту».

В данной работе рассмотрен способ обеспечения устойчивости основания проектируемого депо для мотовозов длиной 48,5 м и шириной 12 м в поселке Чара (Южная Якутия). Здание предполагалось опирать на железобетонную плиту, устраиваемую в котловане на глубине около 2 м. Проектной организацией (институт «Иркутскжелдорпроект ОАО, Ростжелдорпроект») был предложен тип поверхностных плитных фундаментов (предварительный вариант) с допущением оттаивания многолетнемерзлых пород (ММП) в период эксплуатации здания.

Целью работы являлась разработка мероприятий, обеспечивающих температурный режим основания, позволяющий проектировать объект с учетом его функционального назначения и сейсмичности площадки строительства. При этом надо было учесть, что температура воздуха в здании на весь период его эксплуатации составляет +15°C.

Площадка строительства находится в зоне распространения многолетнемерзлых пород (ММП). Согласно данным инженерно-геологических изысканий на всю исследованную глубину (18 м) геологический разрез представлен аллювиальными четвертичными отложениями, которые характеризуются большими значениями коэффициента оттаивания (0,078–0,084). Таким образом, допущение оттаивания будет сопровождаться деформациями (осадками) оттаивающих грунтов. При этом на 1 м оттаивания осадки составят 7,8–8,4 см. Исходя из этих соображений, расчет чаши

оттаивания и осадок оттаивающих грунтов не производился, так как заведомо ясно, что осадки будут превышать предельно допустимые значения.

Отсюда следует, что в данных условиях возведение объекта допустимо только с сохранением грунтов основания в мерзлом состоянии (I принцип строительства), причем устройство вентилируемого подполья не представляется возможным в силу функционального назначения объекта (депо для мотовозов). При этом наиболее целесообразным является применение технологии и технических средств активной термостабилизации грунтов основания сооружения. Для сохранения грунтов основания в мерзлом состоянии нами было предложено применение под зданием охлаждающей системы из горизонтальных термосифонов в комбинации с теплоизоляцией.

Для решения задачи из нескольких типов термосифонов, разработанных и выпускаемых АОЗТ "Интер Хит Пайп" (ТН, ТСН и ТМД-5М и др.) [1, 2], был выбран по своим техническим, теплофизическим, технологическим и стоимостным показателям наиболее эффективный, рациональный и оптимальный тип двухфазных термосифонов – термостабилизаторы типа ТМД-5М модификации 05.

Термостабилизаторы типа ТМД-5М являются сезонными охлаждающими устройствами (СОУ), выполненными из антикоррозионного авиационного алюминиевого сплава АД-31 и (или) АМГ. Заметим, что для сооружений с более мощным выделением тепла (котельная, горячий цех и т.п.) могут быть применены термостабилизаторы круглогодичного действия типа ТТМ [3] с полупроводниковыми термоэлектрическими модулями.

Характеристики термостабилизаторов ТМД-5М:

1) технические:

- корпус испарителя – фигурный литой профиль (для жесткости),
- конденсатор – вертикальное оребрение "звездочка",
- теплоноситель (хладагент) – хладон в строго дозированном количестве,
- масса – 1,1-1,15 кг/п.м.,

2) теплофизические:

- коэффициент эффективности охлаждения грунта – 70–72%,
- хладопроизводительность (мощность) в стационарном режиме – не менее 30 Вт/п.м.,
- время выхода на рабочий режим (время самозапуска) – 0,5-2,0 часа,
- градиент температуры по длине испарителя – менее 0,1 град/м.

В расчеты заложены ТМД-5М с длиной "горизонтальной" части 7,5 м, вертикальной – 2,5–2,6 м (1,5 м – подземная часть, 1,0–1,1 м – надземная). При расположении ТМД-5М над плитой термостабилизаторы под серединой здания по его оси будут иметь "нахлест" в 1,5 м.

Термостабилизаторы устанавливаются слабонаклонной испарительной частью длиной 7,5 м под углом 1,5°–2° к горизонту. "Вертикальная" часть ТМД-5М в этом случае располагается под углом до 5° к вертикали и крепится к стене здания специальной скобой.

В данной работе приводятся результаты теплотехнических расчетов основания при предложенном варианте фундаментов с применением горизонтальных термосифонов и теплоизоляции под зданием для сохранения вечномерзлого состояния грунтов основания на весь период эксплуатации здания. Предполагаемая схема устройства фундаментов и термосифонов приводится на рис. 1.

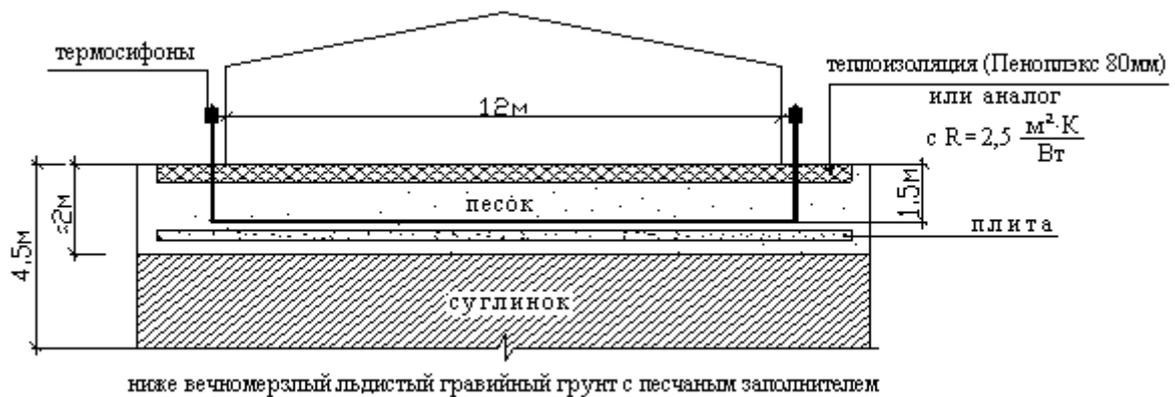


Рис.1. Схема устройства фундаментов и термосифонов

Целью расчётов является обоснование выбора параметров охлаждающей системы (количества термосифонов, шага их расстановки) и мощности теплоизоляции, нейтрализующих тепловое воздействие здания на грунты основания и обеспечивающих их сохранение в мёрзлом состоянии. Расчёты выполнены методом математического моделирования с применением программы «ТЕПЛО», разработанной на кафедре геокриологии МГУ под руководством проф. Л.Н. Хрусталева [4].

Теплофизические характеристики грунтов основания принимались по таблице нормативных значений основных показателей физико-механических свойств грунтов, приведенной в отчете по инженерно-геологическим изысканиям. В качестве грунта обратной засыпки котлована принят песок с плотностью в сухом состоянии 1600 кг/м^3 и суммарной влажностью $0,15$ д.е., его теплофизические характеристики приняты по таблице Приложения 1 СНиП 2.02.04-88 «Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах».

Климатические характеристики района приняты по СНиП 23-01-99 «Строительная климатология». Температура грунта в естественных условиях на глубине нулевых годовых амплитуд (10 м) принималась по заданию проектного института равной минус $0,7^\circ\text{C}$. Температура воздуха в здании $+15^\circ\text{C}$.

Задачи решались в двухмерной постановке. Рассматривался вертикальный разрез по продольной оси здания, что соответствует наихудшему случаю, то есть наибольшему тепловому воздействию здания на подстилающие грунты.

На первом этапе решалась задача по выбору оптимального расстояния между соседними термосифонами (шага расстановки). Это расстояние должно обеспечивать надёжное смыкание льдогрунтовых цилиндров между собой и с подстилающими вечномёрзлыми грунтами к концу первого зимнего сезона. Как видно из рис. 2, при шаге расстановки термосифонов $3,0 \text{ м}$ льдогрунтовые цилиндры не смыкаются, тогда как при шаге $2,8 \text{ м}$ смыкаются полностью. Это даёт основание выбрать шаг расстановки термосифонов равным $2,8 \text{ м}$.

Толщина теплоизоляции выбирается из условия недопущения оттаивания в тёплый сезон ниже уровня заложения термосифонов ($1,5 \text{ м}$). Мы получили 80 мм теплоизоляции типа Пеноплекс с коэффициентом теплопроводности $0,032 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. При использовании теплоизолирующего материала с другим коэффициентом теплопроводности толщина теплоизоляции должна выбираться из условия равенства термического сопротивления тому же значению $2,5 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$.

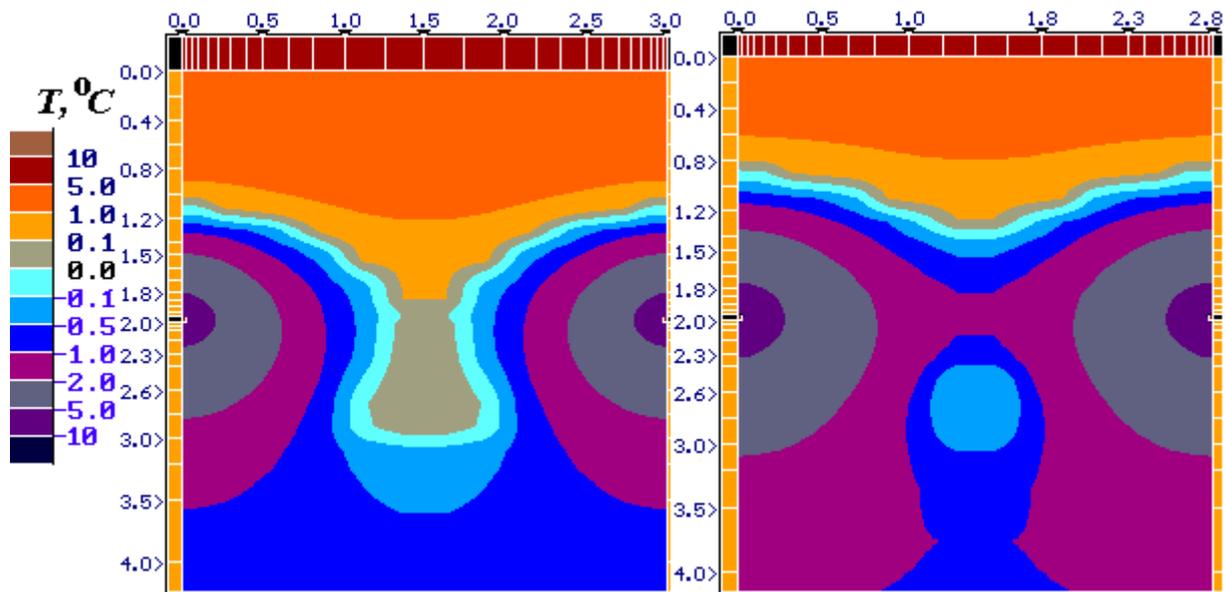


Рис. 2. Фрагмент температурного поля к концу первого зимнего сезона (1 апреля) при расстоянии между термосифонами 3,0 м (слева) и 2,8 м (справа).

Результаты расчётов температурных полей в основании объекта представлены на рис. 3 – 6. Показана часть разреза по продольной оси здания, по оси X отложено расстояние от середины здания, то есть его правый край располагается при $X = 24,25$ м (отмечено белым штрихом). Средняя часть разреза (от $X = 0$ до $X = 16,8$ м) не показана в целях экономии места, так как она полностью повторяет участок от $X = 16,8$ м до $X = 19,6$ м. Крайний термосифон располагается под зданием на расстоянии 0,45 м от его края. Дополнительные термосифоны за контуром здания не нужны при условии, что теплоизоляция будет выходить за контуры здания не менее чем на 1,5 м, то есть в плане иметь размеры, равные размерам плиты.

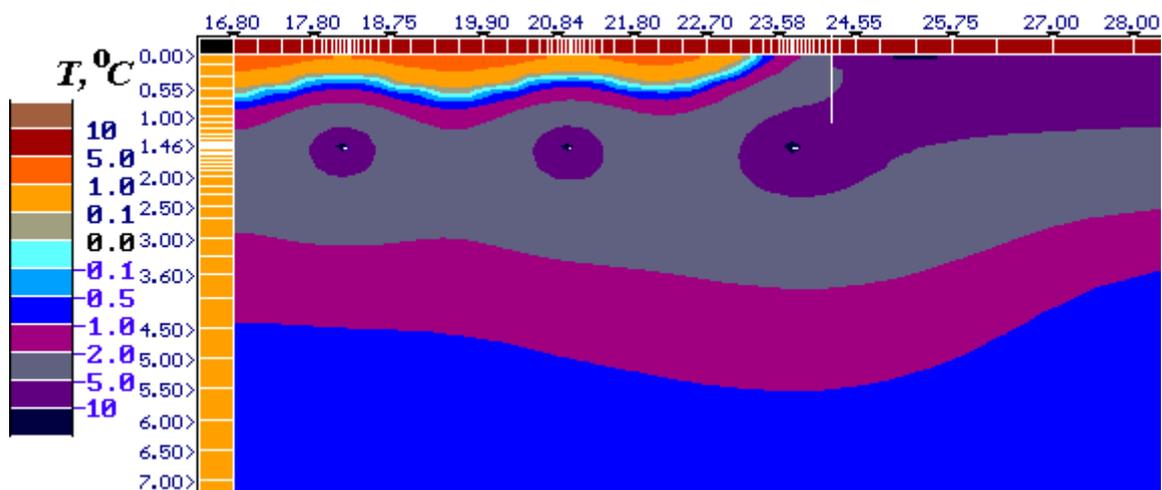


Рис. 3. Фрагмент температурного поля к концу первого зимнего сезона (1 апреля)

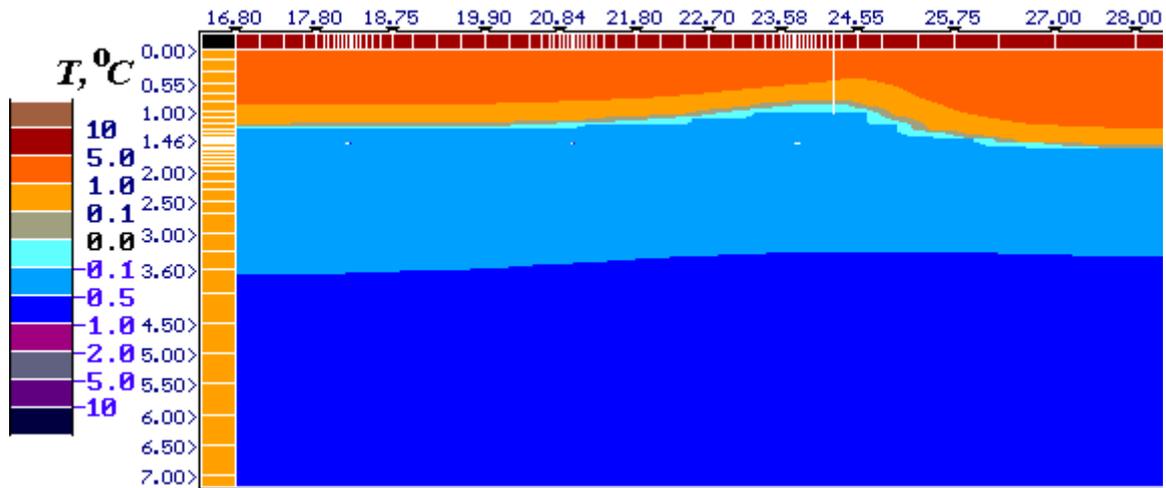


Рис. 4. Фрагмент температурного поля к концу лета 1 года (1 октября).
Глубина оттаивания под серединой здания 1,3 м, под краем 0,9 м.

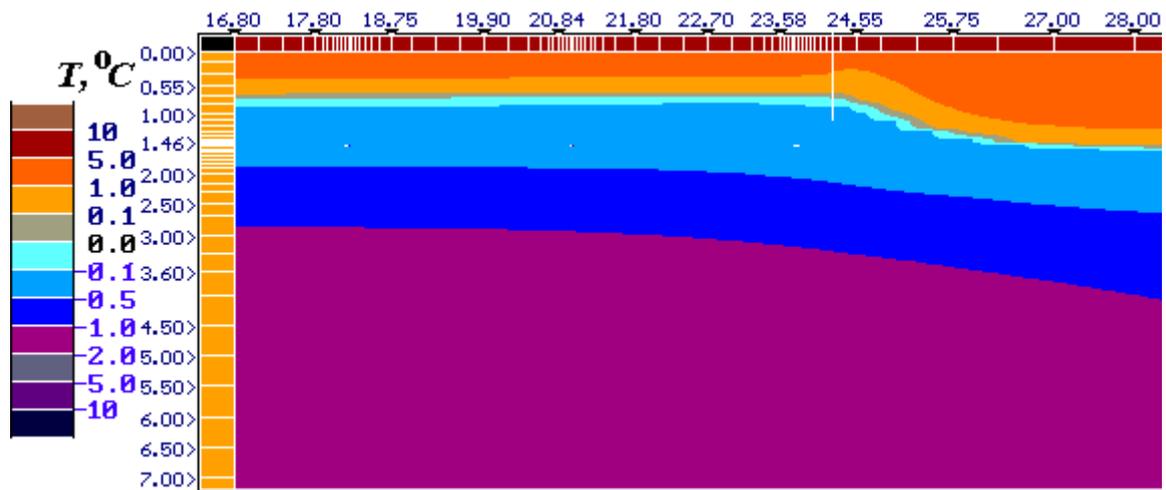


Рис. 5. Фрагмент температурного поля к концу лета 2 года (1 октября).
Глубина оттаивания под серединой здания 0,76 м, под краем 0,74 м.

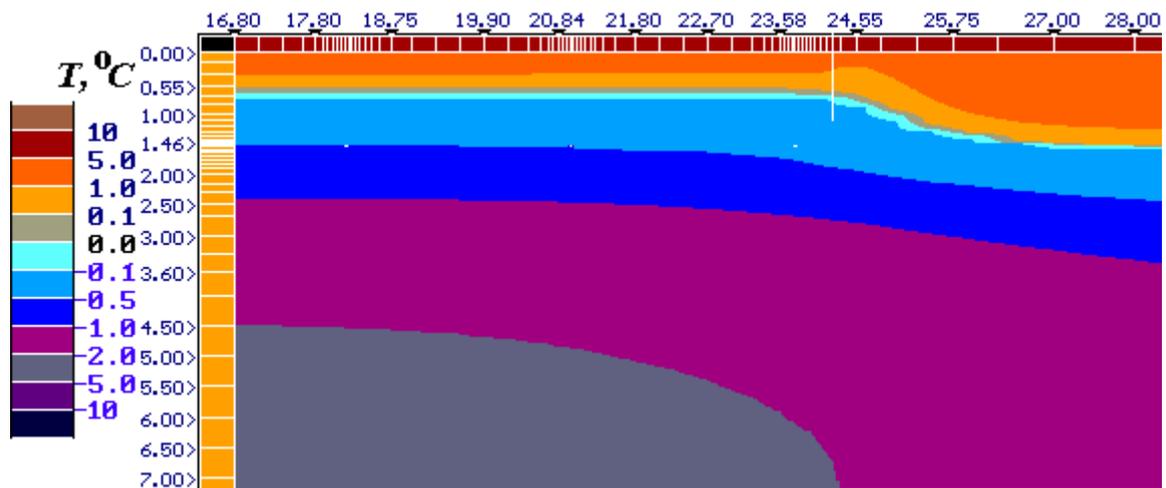


Рис. 6. Фрагмент температурного поля к концу лета 3 года (1 октября).
Глубина оттаивания под серединой здания 0,68 м, под краем 0,70 м.

Как видно по результатам расчетов, максимальная глубина оттаивания формируется к концу лета первого года эксплуатации и составляет под серединой здания 1,3 м, под краем – 0,9 м. В последующие годы глубина уменьшается и к концу лета третьего года составит лишь 0,68 – 0,7 м.

Таким образом, применение технологии и технических средств активной термостабилизации позволяет возводить объекты с положительной температурой воздуха внутри помещений на фундаментах типа «полы по грунту» с обеспечением их устойчивости и эксплуатационной надежности в криолитозоне.

Литература

1. Bayasan R.M., Korotchenko A.G., Lobanov A.D., Pustovoit G.P. Technique for thermal stabilization of soils at the bases of structures in permafrost regions // Journal of Glaciology and Geocryology. Vol.26. Supplement. Aug. 2004. P.201-206.
2. Bayasan R.M., Korotchenko A.G., Pustovoit G.P., Volkov N.G. Use of two-phase heat pipes with the enlarged heat-exchange surface for thermal stabilization of permafrost soils at the bases of structures. // Applied Thermal Engineering (ISSN 1359-4311). 2008. Vol.28. Number 4. P.274-277.
3. Баясан Р.М., Коротченко А.Г., Пустовойт Г.П. Вероятность, детерминизм и новая техника в проблеме устойчивости вечномёрзлых оснований. // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2002, N 5, с.26-31.
4. Основы геокриологии. Часть 5. Инженерная геокриология. / Под ред. Э.Д. Ершова.- М.: Изд-во МГУ. 1999. 526 с.