

УДК 691:699.8÷697.27/385.3

С.Г. Гузий, канд. техн. наук, научн. сотр., ГосНИИВМ КНУСА,
А.Г. Добровольский, канд. техн. наук, доцент КНУСА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРЕЮЩИХ ПАНЕЛЕЙ ИЗ РЕЗИСТИВНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОТОГРЕВА ПРОМЕРЗШИХ ГРУНТОВ

При выполнении сравнительно небольших объемов земляных работ (до 500 м³), рытья малого поперечного сечения траншей (до 8 м²) или на ограниченной площади неглубоких котлованов (площадью до 300 м² и глубиной 2 м), а также при ведении аварийных и ремонтных работ в зимних условиях производится отогрев промерзшего грунта, так как рыхление грунта взрывами, механизмами, механическими приспособлениями или инструментами оказывается малоэффективным мероприятием, а также ограничивается требованиями техники безопасности особенно в условиях сложного городского подземного хозяйства.

Так как глубина промерзания зависит от длительности и величины воздействия отрицательных температур наружного воздуха [1] (рис. 1), то в настоящее время для отогрева грунта в зависимости от способа передачи тепла от нагревательного прибора к грунту применяют четыре основных метода:

1. поверхностное оттаивание – тепловой поток распространяется сверху вниз (нормально к поверхности) от нагревателя, размещенного на поверхности грунта;
2. радиальное оттаивание;
3. глубинное оттаивание;
4. комбинированное оттаивание.

В данной статье рассматривается отогрев промерзших грунтов при помощи поверхностного оттаивания. На сегодняшний день известны несколько подходов, которые реализуются для данного вида отогрева: сжигание дров и применение проволочных нагревателей с последующим утеплением поверхности специальными тепляками. Данные подходы неприменимы в условиях городского хозяйства и поэтому актуальным является поиск новых средств и приемов для осуществления данного процесса. На наш взгляд, наиболее приемлемым решением будет использование греющих панелей из резистивных композиционных материалов [2-4], основные характеристики которых детально изложены в работах [5, 6], а конструктивное решение приведено на рис. 2-4.



Рис. 1. Зависимость глубины промерзания грунтов от продолжительности промерзания и температуры воздуха

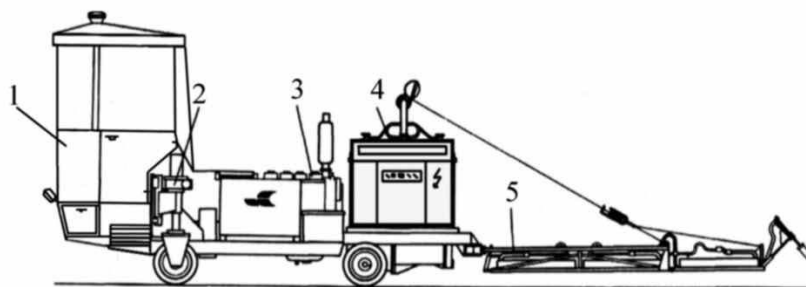


Рис. 2. Машина с устройством для отогрева промерзших грунтов: 1 – кабина с местом оператора; 2 – ходовое шасси; 3 – двигатель; 4 – дизель-электростанция; 5 – греющее устройство



Электротехнический расчет электрообогревательных устройств из резистивных композиционных материалов основывается на данных теплообменного процесса, учитывающего заданные технологические параметры. Исходными данными для теплового расчета электронагревателей служат максимальные величины Q_1/z (количество тепла, необходимого для достижения заданной температуры по технологии в каждые отдельные промежутки времени) и Q_2/z (количество тепла, необходимого для поддержания достигнутой заданной температуры на постоянном уровне в каждые отдельные промежутки времени).

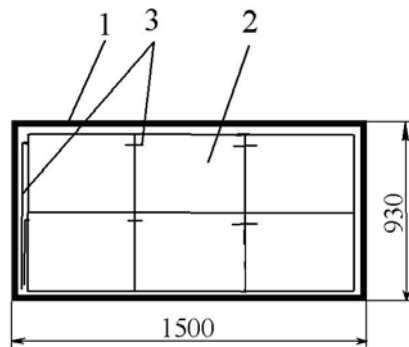


Рис. 3. Конструкция греющего устройства:
1 – рама; 2 – греющие панели; 3 – соединительные провода

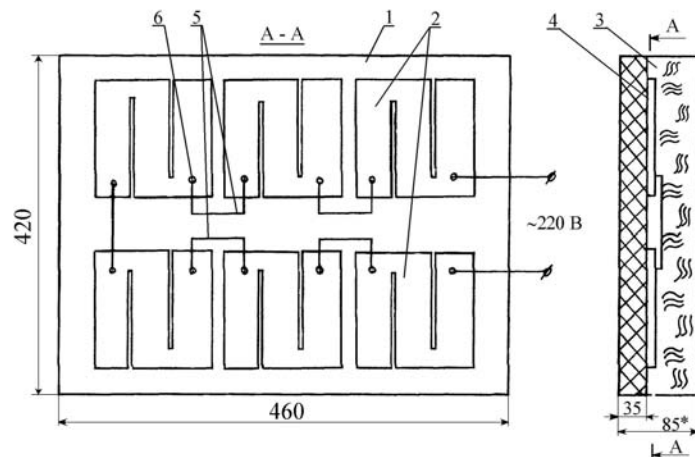


Рис. 4. Греющая панель*:
1 – основание из жаростойкого бетона или корундовой плиты; 2 – греющие элементы из РКМ; 3 – теплоизоляционная плита; 4 – монтажные провода
* - датчик температуры условно не показан

Для наиболее неблагоприятного времени z с максимальной величиной Q_1 или Q_2 определяют требуемую мощность электроэнергии и нагревателя (кВт)

$$P_{\text{потр}} = Q_{\text{max}} / 860 \quad (1)$$

В зависимости от вида нагреваемого объема в качестве исходных данных для теплового и электрического расчета нагревателей должны быть установлены следующие параметры:

$P_{\text{потр}}$ – требуемая мощность нагревательного элемента, Вт;

F – нагреваемая площадь, см^2 ;

$F_{\text{нагр}}$ – площадь поверхности нагревательного элемента, см^2 ;

V – объем нагреваемой воздушной среды, см^3 ;

$t_{\text{нагр}}$ – температура нагрева поверхности нагревательного элемента, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{поверх}}$ – максимально допустимая температура поверхности электрообогреваемого устройства, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{возд}}$ – температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

t' – заданная температура нагреваемой воздушной среды, которая должна поддерживаться на постоянном уровне, $^{\circ}\text{C}$.

Тепловой расчет прогрева промерзшего грунта основывается на следующих допущениях: температурное поле отогреваемого грунта будет состоять из зон мерзлого грунта переменной толщины и талого с особыми условиями перехода на границе этих зон. Поэтому точно определить оптимальное количество тепла для отогрева простым аналитическим решением не представляется возможным.

Если упростить схему происходящего теплообменного процесса в отогреваемом промерзшем грунте и принять, что процесс передачи тепла в грунте определяется только теплопроводностью, а теплофизические показатели грунта в некотором диапазоне

температур постоянны, то можно приближенно на основе гипотезы Фурье вычислить необходимое количество тепла для отогрева грунта

$$Q = Q' + Q'' + Q''' \quad (2)$$

$$Q' = kS(t_1 - t_2)z \quad (3)$$

$$Q'' = [\lambda Sz(t_3 - t_2)]/\delta \quad (4)$$

$$Q''' = 80m_B \quad (5)$$

где Q' - количество тепла, передаваемого нагревателем на поверхность промерзшего грунта, Дж; Q'' - количество тепла, поглощаемого при отогреве промерзшего грунта толщиной δ на площади S , Дж; Q''' - количество тепла на таяние льда, Дж; m_B - количество воды в замерзшем грунте, кг; 80 - скрытая теплота плавления льда, Дж/кг; S - площадь отогреваемого промерзшего грунта, м²; δ - глубина (толщина) отогреваемого промерзшего грунта, м; k - коэффициент теплопередачи от нагревателя к отогреваемой поверхности промерзшего грунта, кВт/(м²·К); λ - коэффициент средней теплопроводности обогреваемого грунта, Вт/(м·К).

$$\lambda = (\lambda' + \lambda'')/2, \quad (6)$$

где λ' - коэффициент теплопроводности грунта при температуре t_2 , Вт/(м·К); λ'' - коэффициент теплопроводности грунта при температуре t_3 ; t_1 - температура поверхности нагревателя, °С; t_2 - начальная температура замерзшего грунта, °С; t_3 - заданная температура, до которой отогревается грунт, °С; z - время отогрева замерзшего грунта, час.

По нашим предварительным расчетам, учитывая параметры греющих панелей [5] и теплофизические свойства промерзших грунтов [7], использование предлагаемого конструктивного и технологического решения вполне реально и осуществимо в условиях сегодняшнего дня: режим процесса оттаивания мерзлого грунта на глубину 0,8 м при непосредственном воздействии тепла на грунт ($T=250^\circ\text{C}$, $Q_{\max}=22.5$ кВт) осуществляется в течение 5-6 час, а период аккумуляции тепла (за счет аккумулирующих свойств греющих панелей) осуществляется в течение 12-18 час.

Литература

1. Черкашин В.А., Червец С.М., Иванов Ю.А. Производство земляных работ в зимних условиях (справочное пособие). - М.: Стройиздат, 1971. - 159 с.
2. Гузій С.Г. Резистивні матеріали будівельного призначення на основі лужних в'язучих систем // Автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.23.05., КНУБА. - К.: "Науковий світ", 2002. - 21 с.
3. Пушкарева Е.К., Гузій С.Г. Получение электропроводных материалов на основе отходов промышленности // Композиційні матеріали для будівництва: Вісник ДДАБА. - Макіївка: ДДАБА. - 2002. - №1 (32). - с. 99-103.
4. Пушкарева Е.К., Гузій С.Г. Оценка надёжности эксплуатации объёмных резистивных элементов в системе " β -C₂S-SiC-C-Na₂OHSiO₂mH₂O" // Конструкции гражданских зданий: Сб. науч. тр. - К.: КиевЗНИИЭП. - 1999. - С. 152-156.
5. Гузій С.Г. Нагрівальні панелі з резистивних композиційних матеріалів // Будівельні матеріали та виробн. - 2001. - №2. - С. 29-30.
6. Гузій С.Г. Греючі панелі из резистивних композиційних матеріалів для конструкції "теплый пол" // Будівельні конструкції: Зб. наук. пр. - К.: ДНДІБК. - 2001. - вип. 54. - С. 241-245.
7. Шевелева А.Г. Физико-механические характеристики многолетнемерзлых грунтов. - М.: Стройиздат, 1971. - 128 с.