

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА РАННИХ СТАДИЯХ ПОДГОТОВКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Ортман А.С.

Научный руководитель: к. т. н. Васильев С.И.

Сибирский федеральный университет

Открытие и освоение месторождений полезных ископаемых на территории Восточно-Сибирского региона связано с выполнением большого объема строительных работ, которые в основном ведутся в зонах расположения сезонно-мерзлых и вечномерзлых грунтов. Эффективная эксплуатация землеройных машин невозможна без детального изучения физико-механических свойств сезонно-мерзлых однородных грунтов и грунтов с каменистыми включениями с учетом зоны распространения сезонного промерзания и температурных профилей промерзания грунтов. В большой степени это объясняется своеобразием грунтовых условий, сложными пространственно-климатическими условиями, характеризующихся широким распространением мерзлых грунтов и грунтов с каменистыми включениями, недостаточной изученностью характеристик грунта, процесса резания, а также параметров, влияющих на производительность.

Эффективное применение и создание современных землеройных машин непрерывного действия невозможно без учета как физико-механических свойств грунта, так и характеристик процесса резания и параметров рабочего органа.

Одним из направлений повышения эффективности землеройно-транспортных машин в зимних условиях эксплуатации является подготовка грунта к зимним условиям - рыхление мерзлого грунта механическими или буровзрывными способами, уменьшению прочности смерзания грунта методом вспашки грунта до его смерзания, оттаиванию мерзлого грунта и предохранению грунта от промерзания, заключающаяся в предохранении грунта от промерзания теплоизоляционными материалами. Механическое рыхление грунта в осенний период нарушает установившиеся связи между частицами грунта, уменьшает число контактов между ними. Это ведет к уменьшению силы сцепления между частицами грунта при промерзании и, соответственно, к уменьшению прочности мерзлого грунта. Основным недостатком способа рыхления является то, что разрыхленный грунт после дождя уплотняется и смерзается также прочно, как и в естественных условиях, при этом по данным ООО «Мехдорстрой» г. Якутск, ОАО «Домостроительный комбинат» г. Красноярск средняя выработка экскаваторов при разработке разрыхленного мерзлого грунта снижается на 30-35% по сравнению с летней, а затраты труда увеличиваются почти в 1,5 раза. Из всех способов подготовки грунта к зимней разработке оттаивание является самым дорогим, энерго- и трудоемким. Поэтому оно находит весьма ограниченное применение.

Анализ каждого из способов предохранения грунта от промерзания показывает, что они не равнозначны по своей эффективности. Так, например, покрытие грунта снегом и пенольдом производится поздней осенью при отрицательной температуре воздуха, поэтому уменьшается только глубина промерзания. Покрытие снегом и пенольдом не дает должного эффекта в районах, где в зимнее время бывает переход температуры воздуха через 0⁰С. Кроме того, снег со временем оседает и уплотняется. В результате

этого ухудшаются его теплоизоляционные свойства: коэффициент теплопроводности у свежевыпавшего снега равен 0,09 ккал/м.час.град., у осевшего 0,30 ккал/м.час.град., у подтаявшего 0,55 ккал/м.час.град. Малая механическая прочность, особенно под действием ветра и дождя, и легкая испаряемость, усиливающаяся под действием солнечной радиации, значительно сужает область применения пенольда.

Ледовоздушная подушка также не полностью предохраняет грунт от промерзания, особенно во второй половине зимы. Другим недостатком ее является ограниченная область применения, связанная с фильтрационными свойствами грунта. Необходимым условием применения этого способа является малая водопроницаемость грунта.

Указанные выше недостатки предохранения грунта от промерзания снегом, пенольдом и ледовоздушной подушкой исключаются при утеплении грунта теплоизоляционными материалами. Этот способ утепления является простым по технологии и относительно дешевым средством подготовки грунта к зимней разработке. Преимущество его заключается в том, что:

- покрытие грунта теплоизолятором производится до наступления морозов, что позволяет сохранить запасы тепла, накопленного в течение теплого периода года;
- предохраняемый от промерзания грунт значительный период времени может остаться талым;
- возможности прогнозирования температуры грунта на любой глубине для каждого из расчетных зимних месяцев разработки.

При применении в качестве утеплителя вспененных полимерных материалов повышается эффективность предохранения грунта от сезонного промерзания, значительно снижаются затраты на утепление грунта. Это связано с тем, что вспененные полимерные материалы обладают лучшими теплоизоляционными свойствами, чем традиционные. Теплоизоляционные свойства вспененных полимерных материалов в зимний период практически не меняются в то время, традиционные утеплители в течение зимы значительно уплотняются, уменьшая этим термическое сопротивление теплоизоляционного слоя и снижая эффект утепления грунта.

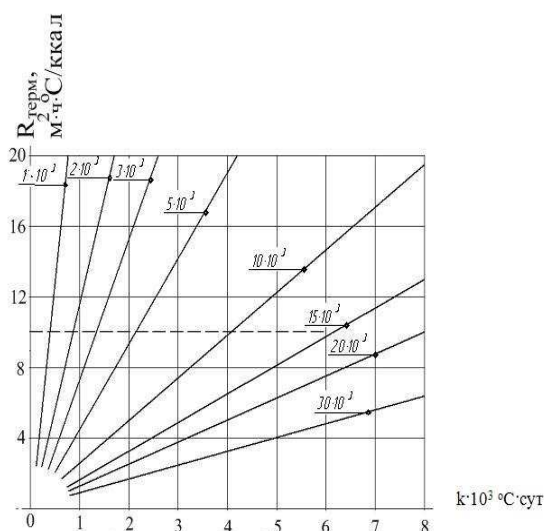


Рис.1. Зависимость термического сопротивления грунта от индекса промерзания и допустимых тепловых потерь.

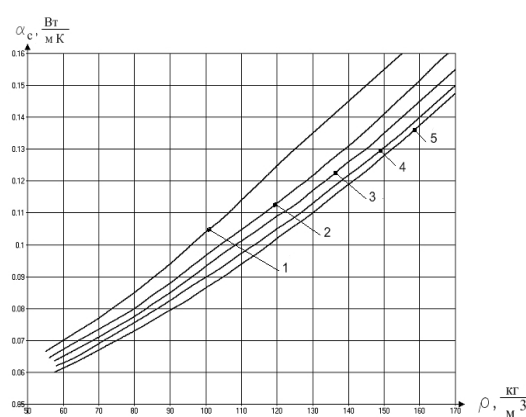


Рис.2. Зависимость коэффициента теплопроводности снега от плотности при различных отрицательных температурах 1 – от 0 до -10 °С; 2 – от -10 до -20 °С; 3 – от -20 до -30; 4 – от -30 °С до -40 °С; 5 от -40 до -50 °С

Значения фактических градусо-часов отрицательных температур каждого месяца позволяют определить величины градусо-суток и по графику рис.1 термическое сопротивление мерзлого грунта.

Термическое сопротивление снега определяется по формуле:

$$R_c = h_c / L_c$$

Где h_c – высота снежного покрова, м

L_c – коэффициент теплопроводности снега, ккал/час·град.

Коэффициент теплопроводности L_c снежного покрова является величиной непостоянной и зависит от плотности покрова ρ_c и от его температуры (рис.2)

Тепловые потери с каждого 1 м^3 грунта под покрытием пены-утеплителя определяются по формуле:

$$Q = H \cdot (G \cdot L + 0,5 t_m \cdot C), \text{ ккал/м}^2$$

Где H – допустимая глубина сезонного промерзания грунта, м;

G – содержания льда в мерзлом грунте, кг/м^3 ;

L – удельная теплота плавления льда, ккал/кг

t_m – температура мерзлого грунта, $^{\circ}\text{C}$;

C – объемная теплоемкость мерзлого грунта, $\text{ккал/м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}$.



Рис. 3. Распределение температуры суглинка по глубине залегания для зимних месяцев года XI – ноябрь, XII – декабрь, I – январь, II – февраль в условиях естественного залегания грунта и утепленного карбамидным пенопластом.

Математический анализ экспериментальных данных проведен с применением программы Advanced Grapher, с помощью которой по табличным экспериментальным данным, произведена математическая обработка натурального эксперимента.

Для каждой функции распределения температур утепленного суглинка, характерных для зимних месяцев северной зоны Красноярского края надежно описаны полином второй степени табл. 1.

Таблица 1. Распределения температур по глубине утепленного суглинка

Расчетный месяц	Распределение отрицательных температур (t) по глубине залегания (H) утепленного суглинка	Коэффициент корреляции
ноябрь	$t = -0,1013729H^2 - 0,5575497H - 0,4741855$	0,98
декабрь	$t = -0,0360997H^2 - 0,5072688H - 1,6369544$	0,94
январь	$t = -0,0239553H^2 - 0,4517715H - 2,1028933$	0,98
февраль	$t = -0,0250972H^2 - 0,4950154H - 2,4443109$	0,96

Графики функции температуры утепленного грунта по глубине его залегания для зимних месяцев года позволяют оценить коэффициент их прочности, повысить эффективность разработки сезонно-мерзлых грунтов.

Натурные исследования процесса сезонного промерзания грунтов выявили одинаковый характер зависимости глубины промерзания и температуры всего разнообразия грунтов под слоем карбамидного пенопласта, исследуемого региона, не зависимо от их гранулометрического состава с учетом краевого эффекта рис. 4, что позволяет определить дополнительную ширину утепляемого участка.

Отличительной характеристикой изменения температуры утепленных грунтов под слоем карбамидного пенопласта является глубина залегания разрабатываемого слоя (рис. 5).

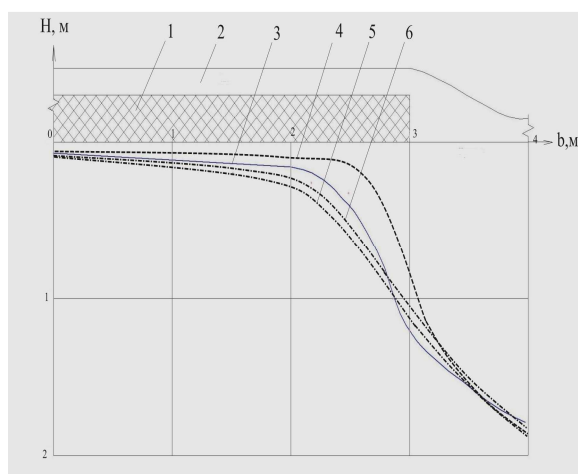


Рис. 4. – Изменение глубины сезонного промерзания грунта под теплоизоляционным слоем карбамидного пенопласта с учетом бокового эффекта 3- суглинка; 4- глины; 5- песок; 6- супеси.

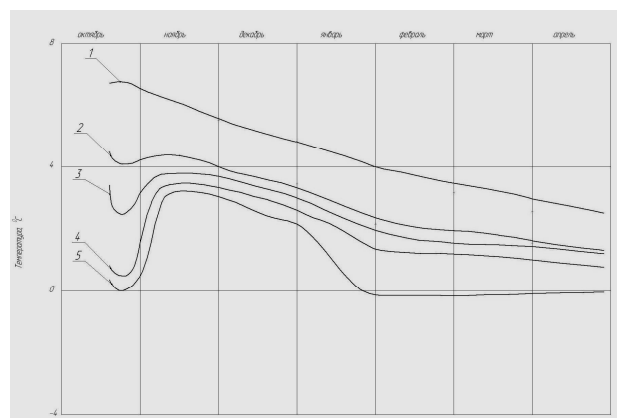


Рис. 5. Изменение температуры грунта от времени промерзания в середине утепленной полосы на различных глубинах: 1- 2 м, 2 – 1 м, 3 – 0,5 м, 4 – 0,2 м, 5 – под теплоизоляцией

Выбор технологии предохранения грунта от промерзания с использованием теплоизоляционных материалов имеет важное значение для строительных организаций в условиях Сибири, где продолжительное время наблюдается глубокое промерзание грунта. Вследствие этого широко применяемые ныне землеройные машины не в состоянии разработать грунт зимой без предварительной подготовки, так как толщина слоя мерзлого грунта превышает допустимую величину разработки, определяемой технической характеристикой землеройно-транспортных машин. Последняя зависит от типа, влажности, плотности и температуры грунта, а также от вида и мощности землеройного оборудования. Экскаватор с прямой лопатой емкостью ковша $0,5 \div 0,8 \text{ м}^3$ может разработать слой сезонно-мерзлого однородного грунта толщиной до 0,25 м, драглайн с ковшом такой же емкости до 0,10 м., экскаватор с прямой лопатой емкостью 1 м^3 до 0,4 м, а с ковшом емкостью $3-4 \text{ м}^3$ до 0,5-0,6 м, при разработке грунта скреперами толщина мерзлого слоя не должна превышать 0,05 м, бульдозерами – 0,15 м.

Таким образом нанесение карбамидного пенопласта расчетной толщиной в осенний подготовительный период месяце на участок, расположенный в Восточно - Сибирском регионе, планируемый к разработке землеройными машинами в зимний период года надежно предохраняет от сезонного промерзания на глубину не более допустимой технологической глубины промерзания.