

С. И. Васильев; Л. Н. Родикова

ФГАОУ ВПО «СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Красноярск, Россия

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УТЕПЛЕНИЯ СЕЗОННО-МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ КАРБАМИДНЫМИ ПОРОПЛАСТАМИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ МАШИН

Рассматриваются экономические аспекты утепления грунта в зимних условиях с применением различных способов и компонентов утепления. Приведена методика с примером расчета экономической эффективности экскавации грунта, утепленного карбамидным поропластом.

Основная часть углеводородных ресурсов сосредоточена в Сибири и на Дальнем Востоке. Особенностью пространственно-климатического положения территории Восточной Сибири является наличие пересеченной местности, а также значительный период воздействия низких температур в течение года, что накладывает особые требования к землеройно-транспортным машинам, разрабатывающих грунт на стадии освоения нефтегазовых месторождений.

Способ утепления грунта от сезонного промерзания теплоизоляционными материалами является простым по технологии и относительно дешевым средством подготовки грунта к зимней разработке [1,2]. Преимущество его заключается в возможности прогнозирования времени сохранения грунта в талом состоянии для каждого из расчетных зимних месяцев разработки.

Физико-механические характеристики утепленного грунта близки к летним характеристикам, а производительность землеройных машин близка к уровню летних условий разработки грунта.

Экономический эффект от применения карбамидного пенного утеплителя выражается показателем экономии на единицу продукции, т. е. экономии затрат на экскавацию 1 м³ мерзлого грунта.

Расчет затрат от использования карбамидной пены-утеплителя для подготовительных работ по экскавации грунта выполнен применительно к экскаваторам 4-ой и 5-ой размерных групп – экскаваторы типа ЭО 4121, ЭО 5122 на гусеничном ходу определяются по статьям переменных и постоянных эксплуатационных издержек [2].

$$C_{\text{экс}} = C_{\text{пер}} + C_{\text{пост}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{пер}}$ – переменные расходы, м³/р.; $C_{\text{пост}}$ – постоянные расходы, м³/р.

Затраты определяются исходя из расчета на 1 м³ выемки грунта. Годовая программа для предприятия условно принимается 15000 м³.

$$\Sigma C_{\text{пер}} = C_{\text{оп}} + C_{\text{зр}} + C_{\text{зт}} + C_{\text{м}} + C_{\text{э}} + C_{\text{см}} + C_{\text{гж}} + C_{\text{мр}} + C_{\text{ич}} + C_{\text{пб}} + C_{\text{кр}} + C_{\text{ам}}, \quad (2)$$

где $C_{оп}$, $C_{зр}$, $C_{зт}$ – заработная плата операторов техники; рабочих, выполняющих операции технологического процесса вручную; ремонтных рабочих, выполняющих техническое обслуживание и текущий ремонт машины, р.; C_m – затраты на материалы, используемые в технологическом процессе, р.; $C_э$ – затраты на энергоносители, р.; $C_{см}$ – затраты на смазочные материалы, р.; $C_{гж}$ – затраты на гидравлическую жидкость, р.; $C_{мп}$ – затраты на материалы для технического обслуживания и текущего ремонта, р.; $C_{ич}$ – затраты на замену быстроизнашивающихся частей, р.; $C_{пб}$ – затраты на перебазирующие, р.; $C_{кр}$ – затраты на капитальный ремонт, р.; $C_{ам}$ – амортизационные отчисления, р.

Заработная плата машинистов экскаватора рассчитывается по формуле

$$C_{он} = K_p \cdot T_r \sum_{i=1}^n C_{Ti}, \quad (3)$$

где K_p – коэффициент, учитывающий все виды доплат к заработной плате и начисления (в том числе районные коэффициенты, доплаты за работу во 2-ю и 3-ю смены); T_r – количество машино-часов работы машины в году, маш-ч; C_{Ti} – часовая тарифная ставка рабочего i -го разряда, соответствующая действующим ставкам, например, на основе отраслевого тарифного соглашения, р.

Заработная плата рабочих, выполняющих технологические операции вручную:

$$C_{зр} = Z_p \cdot K_p \cdot B, \quad (4)$$

где Z_p – расценка за выполнение ручных операций, р.; B – годовой объем ручных работ, ед. прод.

Затраты на заработную плату ремонтных рабочих рассчитываются следующим образом:

$$C_{зр} = C_{ср} \cdot K_p \cdot T_p \cdot \tau_{уд}, \quad (5)$$

где $C_{ср}$ – средняя тарифная ставка работ по ремонту машин, р.; $\tau_{уд}$ – удельная трудоемкость технического обслуживания и текущего ремонта, чел-ч/м³ (значения $\tau_{уд}$ могут быть приняты по данным табл. 1[3]).

Табл. 1. Нормативные и расчетные коэффициенты

Тип землеройной машины	Индекс	$\tau_{уд}$
Экскаватор 4-й размерной группы	Э4	0,302
Экскаватор 5-й размерной группы	Э5	0,364

Затраты на материалы, используемые в технологическом процессе, определяются по формуле

$$C_m = B \cdot \sum P_{mj} \cdot w_{mj}, \quad (6)$$

где P_{mj} – цена 1 кг j -го материала, р.; w_{mj} – удельный расход материала, кг/м³.

Затраты на энергоносители для двигателей внутреннего сгорания рассчитываются по формуле

$$C_э = P_T \cdot w_T \cdot T_T, \quad (7)$$

где P_T – цена 1 кг топлива, р.; w_T – часовой расход топлива, кг.

При этом часовой расход топлива определяется формулой

$$w_T = 1,03 \cdot 10^{-3} N_{ен} \cdot g_{ен} \cdot K_N \cdot K_{дв} \cdot K_{дм}, \quad (8)$$

где $N_{ен}$ – номинальная мощность двигателя, л.с; $g_{ен}$ – удельный расход топлива при номинальной мощности, г/л.с.ч.; K_N – коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива в зависимости от степени использования двигателя по мощности; $K_{дв}$ – коэффициент использования двигателя по времени; $K_{дм}$ – коэффициент использования двигателя по мощности. Значения K_N могут быть приняты с использованием табл. 2.

Значения коэффициентов $K_{дв}$ и $K_{дм}$ для экскаваторов 5 и 4 размерной группы приняты соответственно 0,9 и 0,5 [3].

Затраты на смазочные материалы для техники с приводом от двигателей внутреннего сгорания рассчитываются по формуле

$$C_{см} = K_{сг} \cdot C_{э}, \quad (9)$$

где $K_{сг}$ – коэффициент перехода от годовых затрат на топливо к затратам на смазочные материалы ($K_{сг} = 0,19-0,22$).

Затраты на гидравлическую жидкость рассчитываются по формуле

$$C_{гж} = V_{г} \cdot q_{м} \cdot P_{гж} \cdot k_{д} \left(\frac{T_{г}}{T_{м}} \right), \quad (10)$$

где $V_{г}$ – емкость гидросистемы, $дм^3$; $q_{м}$ – объемная масса гидравлической жидкости, $кг/дм^3$; $P_{гж}$ – цена 1 кг гидравлической жидкости, р.; $k_{д}$ – коэффициент доливок ($k_{д} = 1,5$); $T_{м}$ – периодичность замены гидравлической жидкости, маш-ч.

Затраты на материалы для технического обслуживания и текущего ремонта определяются по нормативам пропорционально первоначальной стоимости (цене) машины, отнесенные к $1 м^3$ разрабатываемого грунта:

$$C_{м} = P_0 \cdot \left(\frac{H_p}{100} \right), \quad (11)$$

где P_0 – первоначальная цена машины, р.; H_p – норма годовых затрат на все виды технического обслуживания и ремонта, %.

Затраты на замену быстроизнашивающихся узлов и деталей рассчитываются по отношению к $1 м^3$ разрабатываемого грунта по формуле

$$C_{ич} = \left(\frac{T_{г}}{T_{слj}} \right) \sum_{i=1}^m P_j \cdot n_j, \quad (12)$$

где m – количество видов быстроизнашивающихся узлов и деталей; P_j – цена 1 шт. быстроизнашивающейся j -й части, р.; n_j – количество одновременно заменяемых быстроизнашивающихся j -х частей, шт; $T_{слj}$ – нормативный срок службы быстроизнашивающихся j -х частей, маш-ч.

Затраты на перебазировки экскаватора определяются различными методами в зависимости от способа перемещения с объекта на объект и рассчитываются по отношению к $1 м^3$ разрабатываемого грунта по формуле

$$C_{пб} = P_{пб} \cdot n_{пб}, \quad (13)$$

где $P_{пб}$ – затраты (цена) на одну перебазировку, р.; $n_{пб}$ – число перебазировок в течение года;

при перемещении экскаватора своим ходом затраты на одну перебазировку рассчитываются следующим образом:

$$P_{пб} = (C_{оп} + C_э + C_{см}) \cdot \left(\frac{T_{пб}}{T_r}\right), \quad (14)$$

где $T_{пб}$ – продолжительность одной перебазировки, маш-ч;

при перемещении техники без разборки (или с частичной разборкой) на трейлере затраты на перебазировки можно рассчитать так:

$$P_{пб} = \left[\left(C_{тр} + \left(\frac{C_{оп}}{T_r}\right) + (C_{гж} T_{пр}) \right) \right] \cdot T_{пр}, \quad (15)$$

где $C_{тр}$ – часовой тариф использования трейлера, р.; $C_{гж}$ – ставка заработной платы такелажников, р.; $T_{пр}$ – время погрузки-разгрузки машины, ч.

Затраты на капитальный ремонт в расчете на 1 м^3 (год) могут быть определены по формулам:

$$\text{а) } C_{кр} = P_{кр} \cdot \left(T_r \cdot \frac{k_ч}{T_{мп}}\right); \quad (16)$$

$$\text{б) } C_{кр} = (K_p \cdot C_{зг} \cdot \tau_{кр} + C_{зчк}) \cdot \left(T_r \cdot \frac{k_ч}{T_r}\right), \quad (17)$$

где $P_{кр}$ – затраты на капитальный ремонт, р.; $k_ч$ – коэффициент перехода от мото-часов к машино-часам; $T_{мп}$ – ресурс до капитального ремонта, мото-час; $\tau_{кр}$ – трудоемкость капитального ремонта, чел-ч; $C_{зчк}$ – расход запасных частей на один капитальный ремонт, руб.

Расход запасных частей на один капитальный ремонт, отнесенный к 1 м^3 разрабатываемого грунта:

$$C_{зчк} = H_{зчк} \cdot P_0. \quad (18)$$

Табл. 3. Трудоемкость капитального ремонта и доля затрат на запасные части

Показатель	Индекс машины	
	Э4	Э5
$\tau_{кр}$, чел-час	1300	2000
$H_{зчк}$	0,344	0,362

В фактические издержки предприятия при составлении отчетной калькуляции, включаются также: потери от брака, потери от простоев оборудования по внутрипроизводственным причинам, общехозяйственные затраты, связанные с транспортировкой пенопласта, хранением и др.

Кроме указанных ранее затрат ($C_{пер}$), учитываются и постоянные затраты. Принимаем постоянные затраты в размере $248,6 \text{ р./м}^3$ [4] (усредненное значение для Северных территорий).

Суммарные эксплуатационные затраты в расчете на 1 м^3 выемки грунта экскаватором рассчитываются по формуле (1):

$$C_{экс} = C_{пер} + C_{пост}, \quad (19)$$

$$\sum C_M^3 = 1483,7 + 248,6 = 1732,3 \text{ р./м}^3.$$

Расчетный тариф на экскавацию 1 м^3 грунта составляет

$$T = C_{экс} R = 1732,3 \cdot 1,2 = 2078,76 \text{ р./м}^3,$$

где R – уровень рентабельности.

Расчет дополнительных затрат для подготовки к экскавации поверхностного и нижнего слоев мерзлого грунта глубиной 2 м приведен ниже.

Приведены два способа укрупненного расчета дополнительных затрат на экскавацию (базовый и проектный варианты).

Первый способ. Использование традиционного способа круглосуточного разогрева с применением угля (базовый вариант).

Исходные данные расчета: годовой объем производства работ – 15 тыс. м³, условия работы – северные территории Западной и Восточной Сибири с сезонно-мерзлым грунтом. За расчетную единицу применяется площадь разогрева грунта площадью 10 м² глубиной 2 м, время на транспортировку угля – 2 часа; тариф на груженный и порожний пробег транспортного средства принимается в одинаковом размере и составляет 280 р.; цена 1 т бурого угля – 760 р.; расход угля для разогрева грунта площадью на 10 м² – 1,8 т.

Расчет затрат на разогрев мерзлого грунта:

– транспортировка угля: $C_{тр} = 280 \cdot 2 = 560$ р.;

– стоимость угля, используемого для разогрева поверхностного слоя грунта: $C_{уг} = 760 \cdot 1,8 = 1368$ р.;

– стоимость производства работ: разбрасывание угля на площади 10 м², дежурство рабочего в течение шести суток (в период разогрева), т.е. 144 часа, часовая тарифная ставка – 17 р. (по укрупненным данным предприятия);

– прочие затраты принимаем в размере 20 % от общих затрат: $C_{раз} = 17 \cdot 144 \cdot 1,2 = 2937,6$ р.

Суммарные затраты на разогрев грунта для экскавации с применением угля :

$$C_1 = 560 + 1368 + 2937,6 = 4865,6 \text{ р.}$$

Второй способ. Подготовка почвы для экскавации методом утепления карбамидным пенопластом.

Исходные данные: цена карбамидной пены 1 м³ – 330 р.; расходы пены на утепление площади 5 м² – 1 м³ карбамидной пены утеплителя; расходы на транспортировку пены определяется аналогично первому способу, но с учетом расходов на разбрасывание (укладку) пены принимаются 670 р.

Расчет затрат для предотвращения глубокого промерзания грунта при сезонном промерзании:

– затраты на пену для утепления грунта площадью 10 м² $C_{пены} = 330 \cdot 2 = 660$ р.;

– общие расходы в условиях производства с подготовительными работами по утеплению грунта с использованием карбамидного пенопласта $C_2 = 670 + 660 = 1330$ р.

Экономия затрат определяется по сравниваемым вариантам на экскавацию 1 м³ сезонно-мерзлого грунта.

Затраты на экскавацию грунта в базовом и проектных вариантах одинаковые и составляют по расчетам 1732,3 р. Так как эксплуатационные затраты на экскавацию грунта с использованием экскаваторов 4 или 5 размерной

группы, одинаковые, то они в расчетах не учитываются. Дополнительные затраты на разогрев грунта: базовый С1 = 6944,36 р.; проектный С2 = 3408,76 р.

Экономия от использования проектного варианта производства работ составляет:

$$\mathcal{E}_{10\text{м}^2} = 6944,36 - 3408,76 = 3535,6 \text{ р.}$$

Учитывая, что объем экскавации мерзлого грунта на площади 10 м² составляет 20 м³ экономия на 1 м³ составляет

$$\mathcal{E}_{1\text{м}^3} = 3535,6/20 = 176,78 \text{ р.}$$

Экономия от снижения затрат в проектном варианте в пересчете на годовой объем производства работ составит:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 176,78 \cdot 15000 = 2651000 \text{ р.}$$

Таким образом, использование метода подготовки грунта к экскавации с применением карбамидного пенопласта дает возможность предприятию получить годовой эффект при производстве работ по экскавации мерзлого грунта в размере 2651000 р.

Для повышения эффективности расчетов и выбора оптимального варианта разработана программа на ЭВМ на языке программирования Си⁺⁺ «Оптимизация затрат на эксплуатацию транспортно-технологических машин» (ОЗЕТ ТМ), имеющая официальную государственную регистрацию. Свидетельство об официальной государственной регистрации №2009616246; зарег. в реестре программ 11.11 2009г. К достоинствам программы следует отнести простоту её использования и возможность выбора оптимального варианта решений, применимость для любой ЭВМ при наличии программы MS Office.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тяжелов, Б. П.** Земляные работы в зимних условиях / Б. П. Тяжелов, Е. В. Шпинко. – М. : Госстройиздат, 1956. – 165 с.
2. **ТУ 2254-001-02067876-2009** (введены с 28.12.2009) / В. М. Мелкозеров, С. И. Васильев, А. Я. Вельп. Технические условия. Поропласты композиционные.
3. Комплексная оценка эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического процесса. Утверждена постановлением Государственного комитета СССР по науке и технике от 3 марта 1988 №60/52.
4. Методические рекомендации по определению сравнительной экономической эффективности новой техники. – Л. : Знание, 1989.
5. **Родикова, Л. Н.** Организация и планирование работы портов и транспортных терминалов. Организация работы перегрузочных комплексов морских портов: учебн. пособие / Л. Н. Родикова, С. И. Васильев. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 291 с.