

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЫПУЧЕСТИ  
СМЁРЗШЕЙСЯ УГЛЕПОРОДНОЙ МАССЫ (СПМ) ПОД  
ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕМПЕРАТУРНОГО ОБЛУЧЕНИЯ**

У роботі вивчений процес танення мерзлої вуглепородної маси під дією температурного випромінювання. Вивчені особливості зміни температури вуглепородної маси при різних тривалостях і схемах розташування рефлектора, відбивачів і її зразків.

**THE RESEARCH OF RENEWAL OF FROZEN COAL-BREED MASS  
UNDER THE ACTION TEMPERATURE RADIATION**

The process of melting of frozen coal-breed mass is studied under the action of temperature radiation. The features of change of temperature coal-breed mass are studied at different duration and layout of reflector and reflectors charts.

Восстановление сыпучести смерзшихся грузов, а также уменьшение энергозатрат и времени на их размораживание является актуальной [1] проблемой для повышения эффективности работы предприятий горнорудной промышленности.

Целью данной работы является установление эффективных условий таяния образцов СПМ вследствие температурного облучения для восстановления их сыпучести, а также условий таяния.

Для этого необходимо определить коэффициенты использования тепловой мощности источника лучей – рефлектора методом выпаривания воды, а также исследованы процессы таяния образцов СПМ, помещённых в различные шкафы, при различных расстояниях рефлектора до образцов, в том числе с применением боковых наклонных отражателей.

Были использованы: образцы СПМ; ёмкость для воды объёмом 20мл; металлическая ёмкость объёмом 2000мл, содержащая образец; термошкаф; шкаф с внутренними зеркальными поверхностями; источник лучистой энергии (рефлектор HL2266 мощностью  $N_{ном}=0,5кВт$ ), секундомер; наклонные отражатели.

Шкаф с зеркальными поверхностями – это ящик в форме параллелепипеда со сторонами 400x300x300мм, внутренняя поверхность которого покрыта металлическими пластинами, имеющими отшлифованные поверхности. Рефлектор это параболическое зеркало, в центре которого расположена нагревающая спираль. Он располагался в верхней части ящика на направляющих, которые позволяли ему перемещаться вертикально. В конструкции предусмотрены две дополнительные плоские наклонные зеркальные поверхности, направляющие поток отражённых лучей рефлектора от них к ёмкости с образцом пород.

Измерены температуры основных элементов рефлектора – спирали, керамического спираледержателя, отражающей части. В течении 10-15 секунд после включения рефлектора в сеть температура изменялась от комнатной до 350°C – спирали; 278°C – керамического спираледержателя; 293°C – отражающей части. Через 60с, по мере забора мощности из сети температура спирали достигла 530°C, керамического спираледержателя 253°C, отражающей части 460°C. Мел-

ко дробленый уголь при максимальной реализации мощности рефлектора не воспламенялся.

Для решения первой задачи использовали термошкаф известной конструкции, в который помещали ёмкость с 10 мл воды, а теплоносителями были лучи рефлектора. Выше этой ёмкости на расстоянии 20мм до её верхнего среза располагался рефлектор. Вся система была предварительно нагрета до начального теплового равновесия. В первом случае воду выпаривали при плотно закрытой двери термошкафа. При помощи секундомера определяли продолжительность полного выпаривания воды, которое в среднем по всему объёму измерений составила 0,23 ч. Удельная теплота парообразования воды при 100°С равна 539,7 ккал/г. Теплота, израсходованная на выпаривание 10г воды, составила 5,397 ккал, а затраченная мощность при времени полного испарения 0,23 часа равнялась 0,0273 кВт. Коэффициент использования тепловой мощности (КИТ) рефлектора (при  $N_{ном}=0,5$  кВт) составил 5,4%. Во втором случае аналогичный эксперимент проводился при открытой двери шкафа, в результате чего установлено, что полезная тепловая мощность равна 0,018 кВт, а КИТ в этом случае составил 3,6%. Затем та же ёмкость с 10мл воды помещалась в ящик с зеркальными внутренними поверхностями, который предварительно был нагрет до теплового равновесия в системе «воздух-рефлектор-шкаф-образец». В первом случае эксперимент проводили при плотно закрытой верхней крышке ящика, в которую был вмонтирован рефлектор. Полезная тепловая мощность составила 0,035 кВт, а КИТ – 7%. При открытой верхней крышке полезная мощность была 0,025 кВт, а КИТ – 5%.

Полученные данные показывают, что при использовании рефлектора в шкафу с зеркальными поверхностями, КИТ был выше, чем в термошкафе: при закрытой двери термошкафа (крышке шкафа) в 1,4 раза; при открытой – в 1,39 раза.

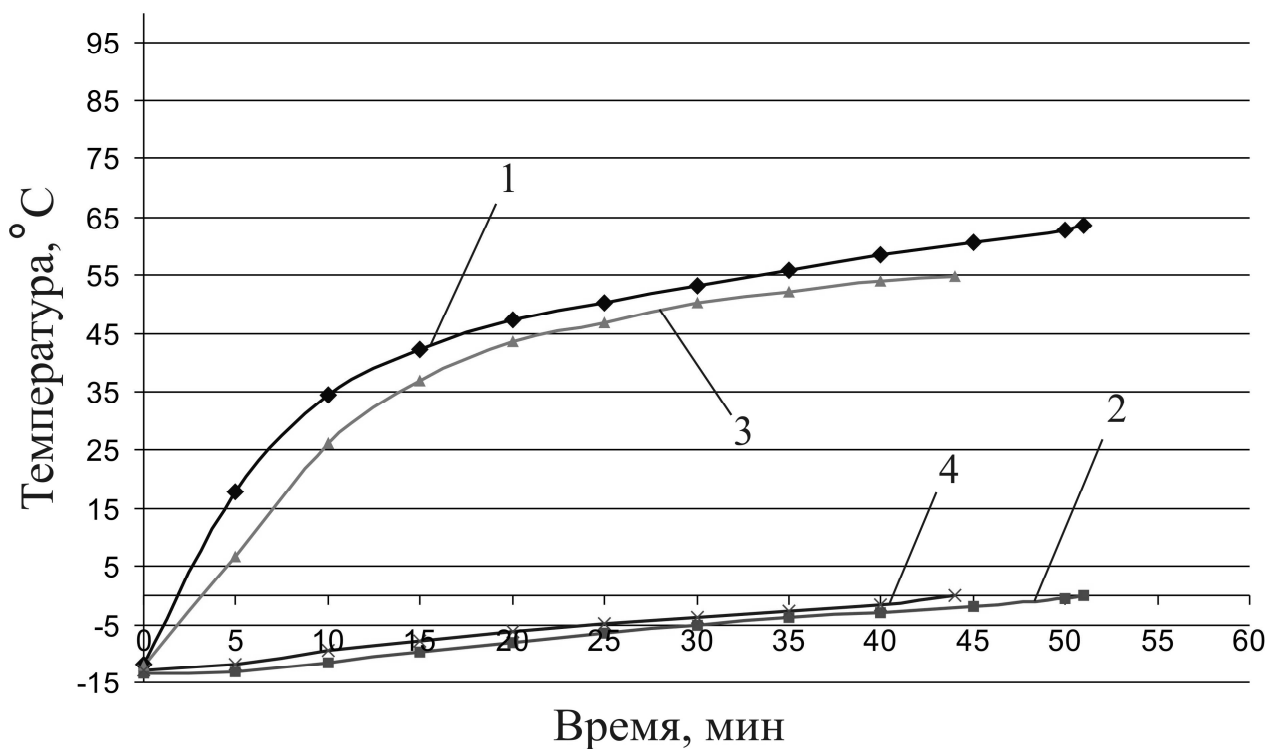
Для решения второй задачи использовали металлическую ёмкость в форме параллелепипеда (модель вагона) со сторонами 160мм X 130мм X 90мм, в которую помещали увлажнённую углепородную смесь. Масса углепородной смеси равна 2500г, в которой содержалось 20% воды. Она укладывалась в металлическую ёмкость послойно. На первом слое толщиной 20мм располагали 1-й термодатчик, далее на слой толщиной 60мм – второй датчик, который покрывали углепородной массой толщиной 5мм. Ёмкость со смесью помещали в морозильную камеру, где она находилась до установления теплового равновесия.

При помощи перемещающихся направляющих и стопоров рефлектор фиксировали на необходимых расстояниях от верхней поверхности металлической ёмкости. Затем после предварительного нагрева всей системы до состояния теплового равновесия в неё помещалась модель вагона со смёрзшейся углепородной смесью. Изменения температур внутри и на поверхности углепородной смеси регистрировали по показаниям термодатчиков через равные промежутки времени до достижения внутри образца нулевых и положительных значений температуры. Для дополнительного нагрева вагона с целью устранения негабаритов, сохраняющихся после размораживания смёрзшейся углепородной смеси,

использовали две плоские зеркальные поверхности, устанавливаемые под углом  $60^{\circ}$  к нижней грани зеркального шкафа. Они отражали лучи, идущие от рефлектора на боковые стенки ёмкости с образцом, где чаще всего находились эти негабариты.

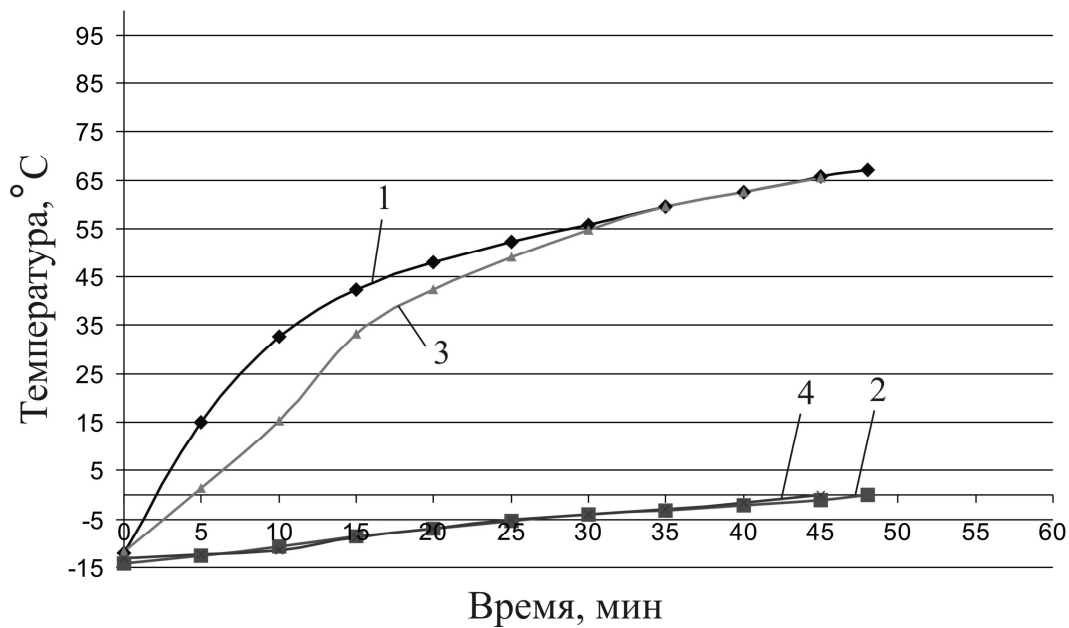
Далее эксперимент проводился в следующей последовательности. Соблюдая геометрически подобие промышленного варианта гаража-размораживателя и модели выбрали максимально возможное в условиях эксперимента расстояние А от рефлектора до верхней поверхности образца, которое составило 240 мм. Размораживание углепородной смеси производилось как с боковыми зеркалами, так и без них. В дальнейшем размораживание производили на расстояниях  $A = 190\text{мм}$ ,  $140\text{мм}$  и  $20\text{мм}$  с использованием боковых зеркал и без них.

Полученные результаты представлены на графиках зависимости температуры от продолжительности облучения СПМ при наличии и отсутствии зеркал (рис.1-4).



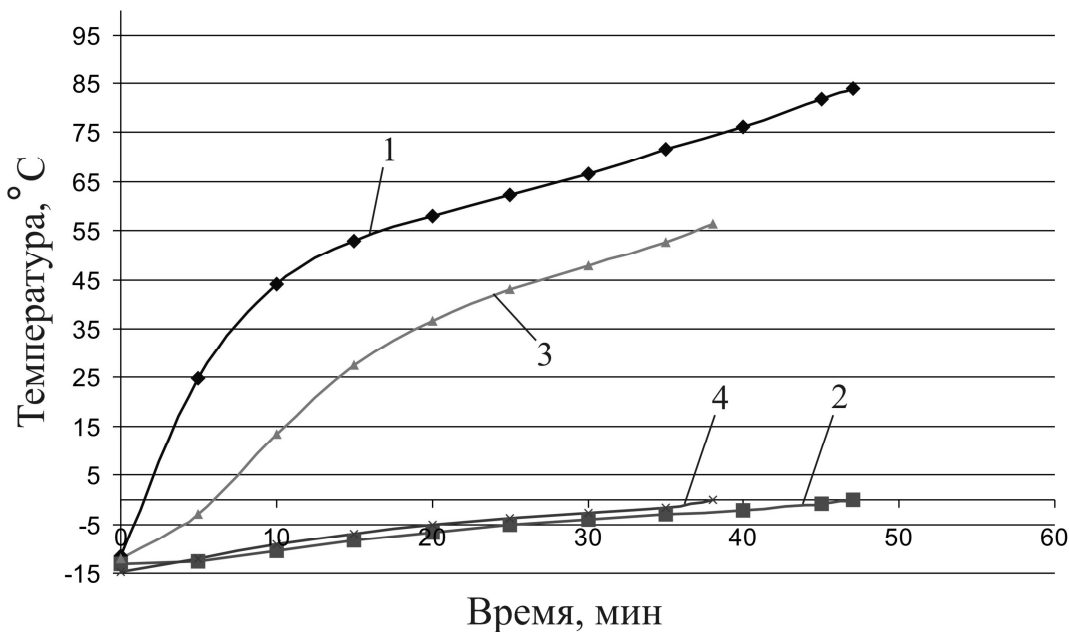
кривые 1 и 2, а также 3 и 4 относятся вариантам применения без и с зеркалами соответственно, начальная температура 1-й кривой –  $11,8^{\circ}\text{C}$ , 2-й кривой –  $13,4^{\circ}\text{C}$ , 3-й кривой –  $12,0^{\circ}\text{C}$ , 4-й кривой –  $12,8^{\circ}\text{C}$

Рис. 1 – Графики изменения температуры смёрзшейся углепородной смеси от времени при расстоянии до рефлектора 240мм



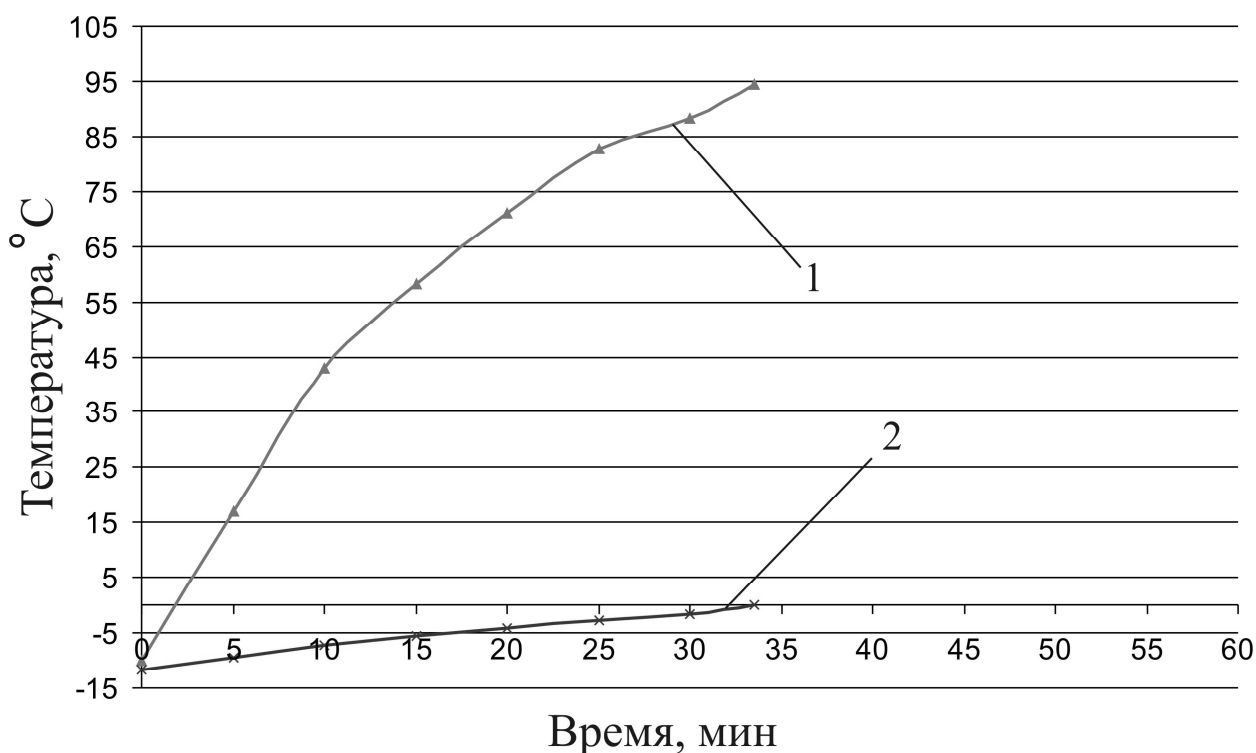
кривые 1 и 2, а также 3 и 4 относятся к вариантам применения без и с зеркалами соответственно, начальная температура 1-й кривой – 12,0 °С, 2-й кривой – 14,1 °С, 3-й кривой – 11,8 °С, 4-й кривой – 13,1 °С

Рис. 2 – Графики изменения температуры смёрзшейся углепородной смеси от времени при расстоянии до рефлектора 190мм



кривые 1 и 2, а также 3 и 4 относятся к вариантам применения без и с зеркалами соответственно, начальная температура 1-й кривой – 11,4 °С, 2-й кривой – 13,1 °С, 3-й кривой – 12,1 °С, 4-й кривой – 12,8 °С

Рис. 3 – Графики изменения температуры смёрзшейся углепородной смеси от времени при расстоянии до рефлектора 140мм



кривые 1 и 2 относятся варианту применения с зеркалами, начальная температура 1-й кривой – 10,0 °С, 2-й кривой – 11,6 °С

Рис.4 – Графики изменения температуры смёрзшейся углепородной смеси от времени при расстоянии до рефлектора 20мм

По нашему мнению изменение характера кривой «температура на внешнем датчике – время» с условно линейного на горизонтальные выполаживания обусловлено интенсивным таянием льда, превращением его в жидкость, а затем в водяной пар, что сопровождалось нагревом верхней части углепородной смеси, льда и воздуха, находящихся в порах. При этом вектор миграции воды здесь разделяется так: жидкость (растаявший лед) шла в направлении вектора гравитации, а газы – в обратную сторону. Теплоёмкость системы «уголь-порода-воздух-вода» зависит от теплоёмкости воды и особенностей фазовых её переходов при подаче тепла.

По изменению характера кривой «температура-время», построенной по показаниям датчика, находящегося в области предполагаемого расположения плохо размороженных областей – будущих негабаритов при разгрузке, можно судить о величине средней скорости размораживания объёма углепородной смеси до полного устранения в ней этих областей. Величина средней скорости размораживания смеси на расстоянии 240мм от рефлектора до поверхности образца равна 0,291°С/мин с использованием зеркал и 0,262°С/мин без использования зеркал; на расстоянии 190мм – 0,293°С/мин с использованием зеркал и 0,291°С/мин без использования зеркал, на расстоянии 140мм – 0,336°С/мин с

использованием зеркал и  $0,278^{\circ}\text{C}/\text{мин}$  без них. При минимальном расстоянии 20мм с зеркалами – скорость размораживания равнялась  $0,346^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ .

Наибольшая скорость размораживания была зарегистрирована при минимальном расстоянии от рефлектора до поверхности образца и с использованием боковых зеркал. При использовании боковых зеркал и максимальном приближении рефлектора к поверхности образца, превалирующая часть энергии шла на размораживание вагона и только малая часть – на обогрев шкафа и воздуха в нём. Это подтверждается тем, что максимальная температура, зарегистрированная на внешнем датчике с применением боковых зеркал, значительно ниже, чем при их отсутствии.

Выводы:

1. При использовании направляющих зеркал и максимальном приближении рефлектора к поверхности образца достигается наибольшая скорость его размораживания, исключается образование плохо размороженных областей – будущих негабаритов при выгрузке СПМ из ёмкости.

2. Уменьшение расстояния с 240мм до 20мм от рефлектора, направленного в геометрический центр углепородной массы, в сочетании с отражателями снижает энергозатраты и время размораживания до 35% по сравнению со всеми изученными вариантами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.С. Курилко Экспериментальные исследования влияния циклов замораживания-оттаивания на физико-механические свойства горных пород. – Якутск: ЯФ ГУ «Изд-во СО РАН», 2004. – 154с.