

УДК 622. 362. 3

Расчет параметров укладки теплоизолирующего материала, используемого при майнообразовании

О.А. Корзун*, **В.Е. Кисляков**
*Сибирский федеральный университет
Россия 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79¹*

Received 3.06.2011, received in revised form 10.06.2011, accepted 17.06.2011

В статье приводится методика расчета основных параметров укладки теплоизолирующего материала, представленного в виде отдельностей шаровидной формы. Рассматриваются два вида укладки теплоизолирующего материала – устойчивая и неустойчивая. При устойчивой укладке площадь свободной водной поверхности составляет 9,3 %, а при неустойчивой – 12,46 %.

Ключевые слова: майна, зимний период, теплоизолирующий материал, земснаряд, драга.

Введение

В настоящее время большинство обводненных месторождений на Севере и в Арктической зоне России носят сезонный характер из-за ряда трудностей, возникающих при ведении гидромеханизированных работ в зимний период. Основным барьером, препятствующим ведению добычных горных работ в зимний период, служит лед. Существуют различные способы разрушения льда, имеющие свои достоинства и недостатки [1-4]. Основными недостатками известных способов разрушения льда являются высокие энергетические затраты и большая трудоемкость. Поэтому необходимы такие технические решения, которые могли бы способствовать устранению вышеперечисленных недостатков либо свести их к минимуму.

Предлагаемый способ майнообразования основан на поддержании майны с помощью покрытия поверхности водоема материалом, представленным экологически чистыми теплоизолирующими отдельностями шаровидной формы, что предотвращает льдообразование на поверхности водоемов и позволяет земснарядам и драгам свободно маневрировать [5].

При устойчивых отрицательных температурах воздуха водоем заполняют шарами, которые в результате маневрирования земснаряда или драги могут образовать два вида укладки: неустойчивую (рис. 1) или устойчивую (рис. 2).

При заполнении водоема шарами необходимо определить площадь свободной водной поверхности, а также найти зависимость количества шаров от их диаметра.

* Corresponding author E-mail address: korzun_aaa@mail.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

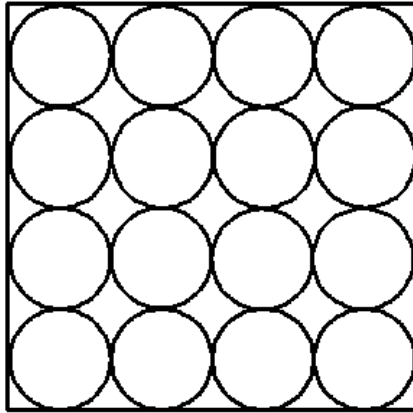


Рис. 1. Неустойчивая укладка

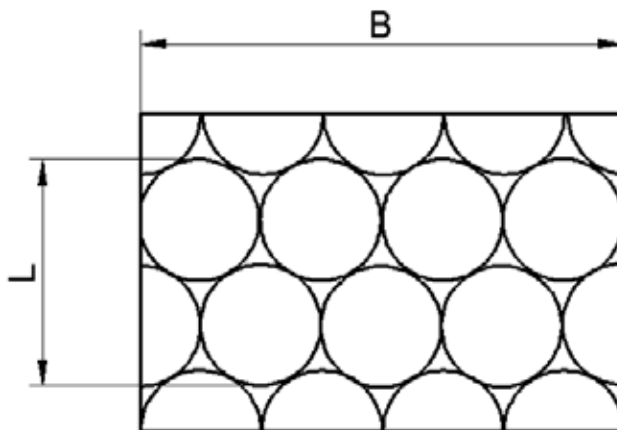


Рис. 2. Устойчивая укладка

Результаты исследования неустойчивой укладки

Площадь поперечного сечения шаров при покрытии водоема в виде неустойчивой укладки в ограниченной зоне (майне) можно рассчитать по формуле

$$S_{\text{шн}} = N \cdot \pi \cdot r^2, \text{ м}^2,$$

где N – количество шаров в ограниченной зоне, ед.; r – радиус шара, м.

Тогда площадь майны (условно принятой квадратной формы), покрытой шарами, составит

$$S_{\text{кв}} = 4 \cdot n_0^2 \cdot r^2, \text{ м}^2,$$

где n_0 – количество шаров в одном ряду, ед.

Количество шаров на 1 м^2 майны определяется по формуле

$$n_1 = \frac{1}{4 \cdot r^2}.$$

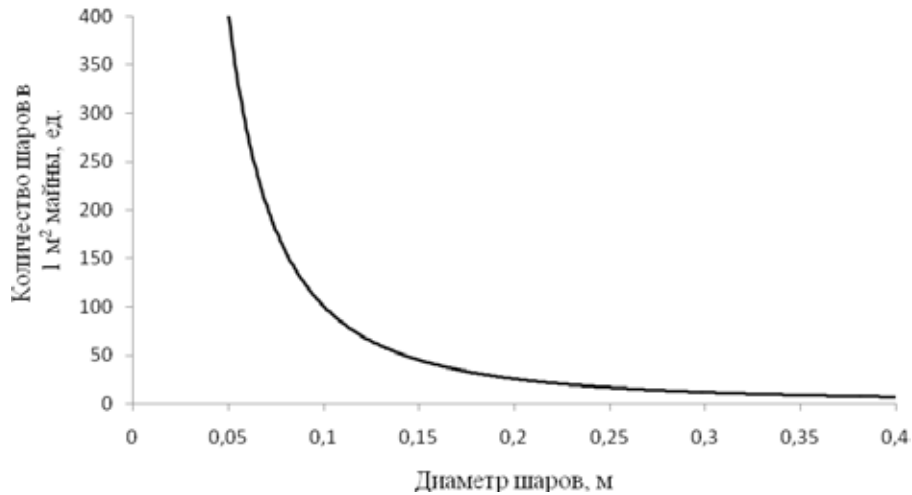


Рис. 3. Зависимость количества шаров от диаметра при неустойчивой укладке

Количество шаров в 1 м² площади майны при неустойчивой укладке обратно пропорционально квадрату их диаметра (рис. 3).

Площадь свободной водной поверхности (не занимаемой шарами) в ограниченной зоне

$$S_{\text{п}} = S_{\text{кв}} - S_{\text{шн}} = 0,8585 \cdot N \cdot r^2, \text{ м}^2.$$

Таким образом, можно рассчитать площадь свободной водной поверхности на 1 м² майны (удельная площадь пустот):

$$S'_{\text{п}} = 0,8585 \cdot \frac{r^2}{4 \cdot r^2} = 0,2146 \text{ м}^2,$$

т.е. удельная площадь пустот является постоянной величиной и составляет 21,46 %.

Результаты исследования устойчивой укладки

При заполнении водоема шарами в виде устойчивой укладки (рис. 2) площадь поперечного сечения шаров в ограниченной зоне определяется таким образом:

$$S_{\text{шв}} = N \cdot \pi \cdot r^2, \text{ м}^2.$$

Длина ряда шаров в укладке (рис. 2)

$$L = 2 \cdot r + (n_{\text{р}} - 1) \cdot h, \text{ м},$$

где $n_{\text{р}}$ – целое число рядов, ед; h – высота равностороннего треугольника (рис. 4), вершины которого центры соседних шаров (расстояние между центрами шаров), м.

Ширина ряда в укладке

$$B = n_{\text{в}} \cdot 2r, \text{ м},$$

где $n_{\text{в}}$ – количество шаров в горизонтальном ряду, ед.

При длине ряда шаров, равном 1 м, целое число рядов определяется по формуле (рис. 4)

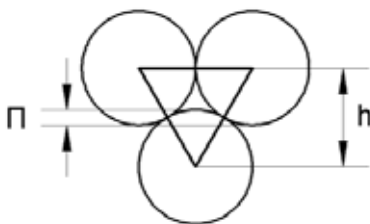


Рис. 4. Расстояние между центрами шаров и перекрытие шаров

$$n_p = \frac{1 - 2 \cdot r + h}{h}, \text{ ед.}$$

Расстояние между центрами шаров рассчитывается по формуле

$$h = \operatorname{tg} 60 \cdot r \approx 1,73205 \cdot r, \text{ м.}$$

Величина перекрытия шаров

$$\Pi = 2 \cdot r - h, \text{ м.}$$

Количество шаров в горизонтальном ряду на 1 м длины майны

$$n_b = \frac{1}{2 \cdot r}, \text{ ед.}$$

Суммарное число рядов при устойчивой укладке

$$n_{\text{рн}} = n_p + h_c, \text{ ед.,}$$

где h_c – высота сегментов, ограниченных линией AD (рис. 5), м.

Тогда площадь теплоизолирующего материала в виде шаров в ограниченной зоне определяется

$$S_{\text{ш}} = n_{\text{пол}} \cdot \pi \cdot r^2 + S_{\text{сег}}, \text{ м}^2,$$

где $n_{\text{пол}}$ – полное число шаров, ед.; $S_{\text{сег}}$ – площадь сегментов, м^2 (рис. 5).

Площадь сегмента:

$$S_{\text{сег}} = n_b \cdot S'_{\text{сег}}$$

$$S'_{\text{сег}} = S_{\text{сек}} - S_{\Delta};$$

$$\cos\left(\frac{\beta}{2}\right) = \frac{r - h_c}{r};$$

$$\beta = 2 \cdot \arccos\left(\frac{r - h_c}{r}\right);$$

$$S_{\text{сек}} = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot \beta}{360} = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot 2 \cdot \arccos\left(\frac{r - h_c}{r}\right)}{360};$$

$$S_{\Delta} = \frac{(r - h_c) \cdot x}{2};$$

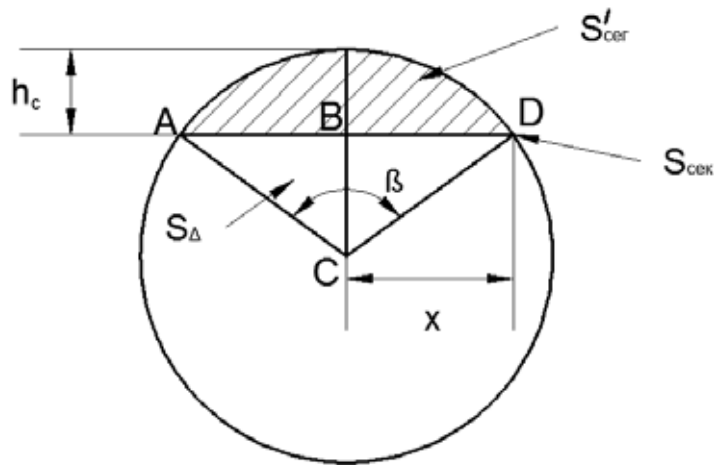


Рис. 5. Схема к определению площади сегментов, ограниченных касательной верхнего ряда шаров: h_c – высота сегментов, срезанных зоной ограничения, м; $S'_{сер}$ – площадь одного сегмента, срезанного зоной ограничения; $S_{сек}$ – площадь сектора ACD; x – расстояние BD; AD – линия, образуемая зоной ограничения майны; S_{Δ} – площадь треугольника ACD; β – угол между радиусами AC и CD

$$x = \tan\left(\frac{\beta}{2}\right) \cdot (r - h_c);$$

$$S_{\Delta} = \frac{(r - h_c)^2 \cdot \tan\left(\frac{\beta}{2}\right)}{2};$$

$$S_{сер} = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot 2 \cdot \arccos\left(\frac{r - h_c}{r}\right)}{360} - \frac{(r - h_c)^2 \cdot \tan\left(\frac{\beta}{2}\right)}{2}.$$

Высота сегмента при длине зоны ограничения 1 м:

$$h_c = 1 - l_n + \Pi;$$

$$l_n = 2 \cdot n_p \cdot r;$$

$$h_c = 1 - n_p \cdot 2r + \Pi,$$

где l_n – длина ряда при попадании в зону ограничения целых шаров.

В конечном итоге площадь поперечного сечения шаров в ограниченной зоне при устойчивой укладке определяется по формуле

$$S_{шу} = n_{пол} \cdot \pi \cdot r^2 + n_b \cdot S'_{сер}.$$

Для расчета площади майны, покрываемой шарами, условно выделим участок по центру двух соседних шаров через один ряд и назовем его удельным прямоугольником. Если соединить такие одинаковые прямоугольники, то получится массив устойчивой укладки шаров (рис. 6).

Площадь удельного прямоугольника

$$S_{np} = 4r^2 \operatorname{tg} 60^\circ = 4r^2 \sqrt{3}.$$

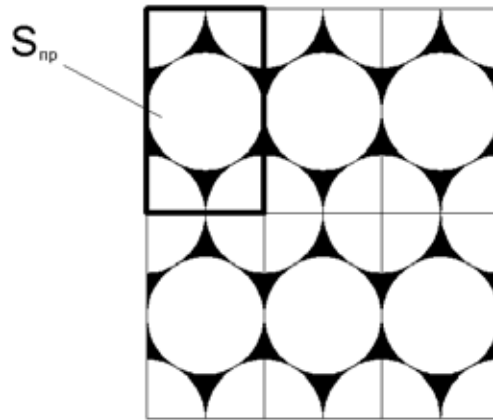


Рис. 6. Схема к определению площади удельного прямоугольника

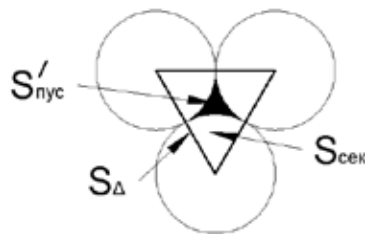


Рис. 7. Схема изображения свободной водной поверхности между шарами

Площадь свободной водной поверхности между примыкающими шарами рассчитывается (рис. 7) так:

$$S'_{пуч} = r^2 \sqrt{3} - 3 \cdot \frac{\pi \cdot r^2}{6} = r^2 \left(\sqrt{3} - \frac{\pi}{2} \right).$$

Коэффициент пустот, показывающий отношение площади свободной водной поверхности к общей площади поверхности (площади майны):

$$K_{пуч} = \frac{4 \cdot S'_{пуч}}{S_{пр}} = \frac{4 \cdot r^2 \left(\sqrt{3} - \frac{\pi}{2} \right)}{4 \cdot r^2 \cdot \sqrt{3}} = 0,093.$$

Таким образом, площадь свободной водной поверхности при заполнении майны шарами в виде устойчивой укладки является постоянной величиной и составляет 9,3 %.

Удельный коэффициент пустот (отношение площади свободной водной поверхности между примыкающими шарами к их площади в удельном прямоугольнике):

$$K'_{ш} = \frac{4 \cdot S'_{пуч}}{S'_{ш}};$$

$$K'_{ш} = \frac{4 \cdot r^2 \left(\sqrt{3} - \frac{\pi}{2} \right)}{2\pi \cdot r^2};$$

$$K'_{ш} = \frac{2 \left(\sqrt{3} - \frac{\pi}{2} \right)}{\pi} = 0,103,$$

где $S'_{ш}$ – площадь поперечного сечения шаров в удельном прямоугольнике (рис. 7).

Другими словами, на один шар в удельном прямоугольнике приходится 10,3 % свободной водной поверхности.

Заключение

В результате проведенных расчетов выявлено, что площадь свободной поверхности воды – величина постоянная, не зависит от диаметра шаров при покрытии водоема и составляет при неустойчивой укладке шаров 21,46 % от площади майны, а при устойчивой укладке шаров – 9,3 %.

Например, при покрытии водоема шарами в виде неустойчивой укладки для земснаряда 350-50Т (минимальная площадь майны 2000 м²) площадь свободной водной поверхности составляет 429,2 м², а площадь поперечного сечения шаров – 1570,8 м²; в виде устойчивой укладки площадь свободной водной поверхности 186 м², а площадь поперечного сечения шаров 1814 м².

Список литературы

1. Пат. РФ. № 88368 Устройство для повышения ледопроеходимости земснаряда [Текст] / В.Е. Кисляков, О.А. Корзун, Д.А. Лакин Заявка № 2009118893; заявл. 19.05.2009; опубл.10.11.2009.
2. Кисляков, В.Е. Систематизация способов разработки обводненных, прибрежных и акваториальных месторождений Арктической зоны [Текст] / В.Е. Кисляков, О.А. Корзун // Маркшейдерия и недропользование. – 2009. – №1(39). – С.24-26.
3. Майнообразование при работе драг и земснарядов [электронный ресурс] / В.Е. Кисляков, О.А. Корзун, А.А. Гузеев // Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009 – 1CD-ROM – Материалы Всерос. конф. с элементами научной школы для молодежи «Инновационное развитие горно-металлургической отрасли».
4. Кисляков, В.Е. Майнообразование на обводненных месторождениях россыпного золота и нерудных строительных материалов [Текст] / В.Е. Кисляков, О.А. Корзун, А.А. Гузеев // Современные технологии освоения минеральных ресурсов: сб. материалов 8-й Международной науч.-техн. конф.- Красноярск: ИПК СФУ, 2010. – С.163-166.
5. Пат. РФ. №2414561 Способ образования майны в зимний период [Текст] / В.Е. Кисляков, О.А. Корзун, А.А.Шершневу, А.А. Гузееву Заявка № 2009141748/03; заявл. 11.11.2009; опубл.20.03.2011 Бюл. №8

Calculation of Parameters Insulating Material Used in Formation of Ice Cracks

Olga A. Korzun and Viktor E. Kislyakov
*Siberian Federal University,
79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041 Russia*

The article gives a method of calculating the basic parameters of the heat insulating material presented in the form of a separate spherical shape. Two types of stacking insulating material – a stable and unstable considers. Under stable stacking area of the free water surface is 9,3 %, while unstable – 12,46 %.

Keywords: formation of ice cracks, the winter period, heat insulating material, drag.
