

УДК 628.511.001.57:656.62.073.28:689.45

DOI: 10.34046/aumsuomt 103/10

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПЕРЕГРУЗКИ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ ГРЕЙФЕРОМ НА ПОТЕРИ ОТ ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЯ

*Н.С. Отделкин, доктор технических наук, профессор*

*Е.И. Адамов, кандидат технических наук, доцент*

Исследуется влияние на потери сыпучих грузов от пылеобразования технологических операций цикла работы перегружочного оборудования, оснащенного грейфером и приводятся рекомендации по снижению потерь от пыления.

**Ключевые слова:** сыпучий груз, пылеобразование, грейферный кран, окружающая среда

## IMPACT OF TECHNOLOGICAL OPERATIONS OF LOADING BULK CARGO GRAPPLE FOR DUST LOSS

*N.S. Otdelkin, E.I. Adamov*

The influence on the losses of bulk cargoes from dust formation of technological operations of the cycle of operation of handling equipment equipped with grabs is investigated and recommendations are given to reduce losses from dusting.

**Key words:** bulk cargo, dust formation, clamshell crane, environment.

Большую часть перевозимых водным, железнодорожным и автомобильным транспортом грузов составляют сыпучие материалы, перегрузка которых осуществляется крановым оборудованием, оснащенным грейферами.

Перегрузка сыпучих грузов грейфером создает много проблем, обусловленных интенсивным пылением, что приводит к безвозвратным потерям груза и отрицательному воздействию пыли на окружающую среду [1] (рис.1).



Рисунок 1 – Перегрузка угля крановым оборудованием, оснащенным грейферами

Вопросы определения количественных характеристик потерь сыпучих грузов при их перегрузке грейфером являются малоизученными и актуальными.

Краны с грейферами относятся к машинам периодического действия, то есть процесс перегрузки грузов с их помощью носит циклический характер и состоит из повторяющихся циклов. Цикл работы крана с грейфером состоит из следующих технологических операций:

- посадка раскрытого грейфера на сыпучий груз;
- зачерпывание груза (смыкание челюстей грейфера);
- перенос груженого грейфера;
- разгрузка грейфера;
- перенос порожнего грейфера.

При выполнении каждой из перечисленных операций происходит выделение пыли.

В таблице 1 представлены данные по интенсивности пылеобразования технологических операций при работе грейфера с различными навалочными грузами, полученные авторами [2].

Наиболее высокие концентрации пыли, а, следовательно, и максимальные потери, имеют место при разгрузке грейфера. Это объясняется тем, что при истечении груза из грейфера происходит расслоение и насыщение воздухом струи падающего материала за счет наличия в нем разных по весу и размерам частиц. В результате соударения падающего материала о преграду (днища транспортных средств, бункерных устройств) образуются воздушные потоки, которые приводят к пылеобразованию и пылеуносу частиц груза.

Таблица 1 – Интенсивность пылеобразования технологических операций при работе грейфера с различными сыпучими грузами

| Технологические операции           | Относительная запыленность, % |
|------------------------------------|-------------------------------|
| Посадка порожнего грейфера на груз | 2...3                         |
| Зачерпывание                       | 7...10                        |
| Перемещение груженого грейфера     | 15...20                       |
| Разгрузка грейфера                 | 67...76                       |
| Перенос порожнего грейфера         | 8...12                        |

В связи с этим дальнейшие экспериментальные исследования были выполнены именно для операции цикла, связанной с разгрузкой грейфера. Данные исследования процессов пылеобразования при работе грейфера проводились с использованием разработанного авторами метода оценки на моделях процессов пылеобразования и пылеуноса при различных способах перегрузки сыпучих грузов в портах [3]. Предлагаемый метод позволил исследовать влияние мало изученных параметров на процессы потерь сыпучих грузов от пылеобразования при их перегрузке грейфером. К этим параметрам относятся вместимость грейфера, размеры приемной емкости (бункеры, кузова транспортных средств, трюмы судов), время раскрытия грейфера.

Основные положения метода исследования процессов пылеобразования и пылеуноса при перегрузке сыпучих грузов грейфером требуют выполнения следующих условий:

1. Модели должны быть геометрически подобны натурному объекту. Для адекватности модели натуре величина линейного масштабного коэффициента  $k_l$  должна принимать определенное значение. Для модели грейфера  $k_l \leq 10$ ;

2. При модельных исследованиях применять натурный сыпучий груз, что обеспечит подобие процессов:

- деформации сыпучего груза при его зачерпывании грейфером;
- истечения сыпучего груза при раскрытии грейфера;
- удара о преграду падающего сыпучего груза и взвешивания частиц пыли.

Подобие указанных процессов выполнимо при условии  $k_\theta = k_s^{1/2}$ ,

где:  $k_\theta$  – масштаб подобия средней скорости истечения груза при разгрузке грейфера;

$k_s$  – масштаб подобия площади истечения.

3. Соблюдать одинаковыми в модели и натуре направления и скорости ветровых потоков, что приведет к выполнению подобия процессов распространения взвешенных частиц пыли ветровыми потоками.

Исследование влияния вместимости грейфера на величину потерь груза проводились при разгрузке модельных грейферов, выполненных в масштабе 1:10 ( $k_l = 10$ ), к кранам грузоподъемностью 5, 10 и 16 тонн. (рис. 2).

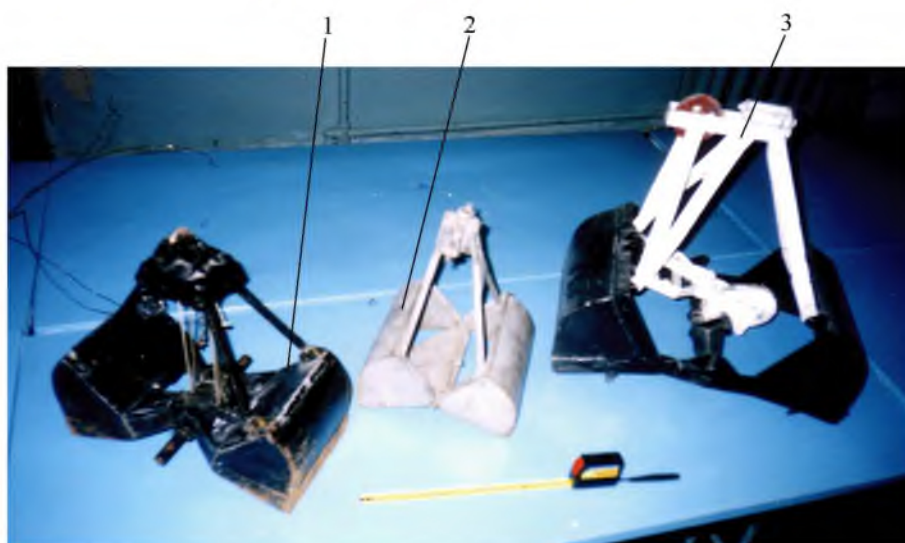


Рисунок 2 – Модели двухчелюстных грейферов, выполненные с  $k_l = 10$ :  
1 – к крану грузоподъемностью 10 тонн; 2 – к крану грузоподъемностью 5 тонн;  
3 – к крану грузоподъемностью 16 тонн

Таблица 2 – Результаты расчета параметров модельных грейферов с  $k_l = 10$  к кранам различной грузоподъемности

| Грузоподъемность кранов, т | Вместимость грейфера, м <sup>3</sup> |            | Масса груза в грейфере, кг |             |
|----------------------------|--------------------------------------|------------|----------------------------|-------------|
|                            | натурного                            | модельного | в натурном                 | в модельном |
| 5                          | 1,6                                  | 0,0016     | 3200                       | 3,2         |
| 10                         | 3,2                                  | 0,0032     | 5200                       | 5,2         |
| 16                         | 5                                    | 0,0050     | 9600                       | 9,6         |

Масса груза  $m_{гр}^M$ (кг) в модельных грейферах и их вместимость  $V_{гр}^M$ (м<sup>3</sup>) определялись по выражениям

$$m_{гр}^M = \frac{m_{гр}^H}{k_l^3}, \quad V_{гр}^M = \frac{V_{гр}^H}{k_l^3},$$

где  $m_{гр}^H$ ,  $V_{гр}^H$  – масса груза и вместимость натуральных грейферов.

Результаты расчета этих параметров приведены в табл. 2.

Методика проведения исследования по влиянию вместимости грейфера на потери от пылеобразования была принята следующая.

Время раскрытия  $t_p$  модельных грейферов и высота  $H$  падения груза (разгрузки грейфера) были постоянными и их значения составляли  $t_p = 3$  с,  $H = 0,1$  м.

В качестве груза в исследованиях использовался апатит с влажностью 0,5%. Повторяемость экспериментов пятикратная. Потери груза определялись следующим образом. После каждой разгрузки модельного грейфера, частицы груза,

переносимые воздушными потоками, при ударе струи материала о преграду, и расположенные вне основной массы груза, считались потерянными (рис. 3). Эти частицы грузасобирались и взвешивались на аналитических весах ВЛА-200М.



Рисунок 3 – Определение потерянной части груза от пылеобразования при разгрузке грейфера

Результаты проведенных исследований представлены в табл. 3 и на рис. 4.

Таблица 3 – Результаты исследования влияния вместимости грейферана величину потерь от пылеобразования апатита

| Вместимость модельного грейфера, м <sup>3</sup> | Значение потерь от пылеобразования, г |      |      |      |      |                                      | Значение потерь от пылеобразования, % |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------|------|------|------|------|--------------------------------------|---------------------------------------|
|                                                 | при параллельных опытах               |      |      |      |      | среднее значение параллельных опытов |                                       |
| 0,0016                                          | 27,8                                  | 26,8 | 33,4 | 31,4 | 25,6 | 29                                   | 0,91                                  |
| 0,0032                                          | 32,0                                  | 34,0 | 35,0 | 33,0 | 36,0 | 34                                   | 0,65                                  |
| 0,0050                                          | 45,6                                  | 36,1 | 37,5 | 30,9 | 39,6 | 38                                   | 0,40                                  |

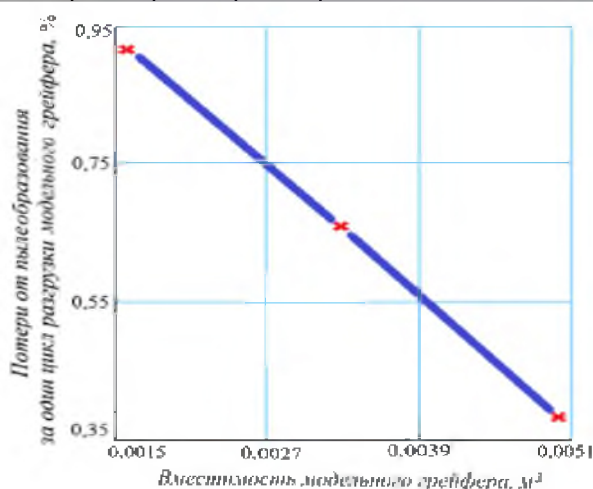


Рисунок 4 – Зависимость величины потерь апатита при пылеобразовании от вместимости грейфера

Из данных таблицы 3 и рисунка 4 следует, что с увеличением вместимости натурального грейфера с 1,6 м<sup>3</sup> до 5 м<sup>3</sup> величина потерь груза снижается в 1,5...2,0 раза.

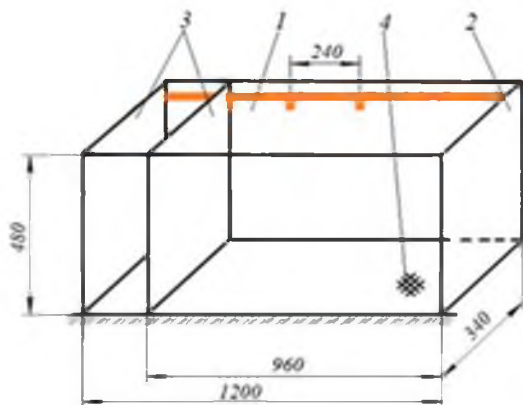


Рисунок 5 – Установка для исследования потерь груза от пылеобразования: 1 – стенка задняя со шкалой; 2 – стенка боковая неподвижная; 3 – стенка переносная; 4 – стенка передняя прозрачная

Принцип работы установки заключался в том, что ее высота и ширина оставались постоянными, а изменялось только положение боковой переносной стенки 3, которая устанавливалась согласно шкале с делениями, что позволяло изменять величину вместимости приемной емкости.

Методика исследования влияния размеров приемной емкости на величину потерь груза была принята следующая. Сначала устанавливалась в одном из четырех положений переносная стенка установки, что соответствовало значениям приемной емкости, которые составляли: 0,191; 0,142; 0,112; 0,083 м<sup>3</sup>. Затем, при каждом значении приемной емкости производилась разгрузка модельный грейфер с  $k_t = 10$  к крану грузоподъемностью 10 тонн.

В качестве груза применялась комовая сера с влажностью 1%. Повторяемость экспериментов

Для исследований влияния на величину потерь сыпучего груза от пылеобразования размеров приемной емкости (трюм судна, полувагон, бункер) была разработана специальная установка, схема и фото которой представлены на рис. 5.



пятикратная. Величина потерь груза определялась так же, как и в исследованиях влияния вместимости грейфера на потери груза.

Результаты проведенных исследований представлены в табл. 4 и на рис. 6.

Размеры приемной емкости предлагается учитывать с помощью коэффициента  $k_v$ , значения которого определялись по формуле

$$k_v = \frac{V_{пр}}{V_{гр}^м},$$

где  $V_{пр}$  – вместимость приемной емкости, м<sup>3</sup> (табл. 4);

$V_{гр}^м$  – вместимость модельного грейфера, м<sup>3</sup>.

Вместимость используемого при эксперименте модельного грейфера к крану грузоподъемностью 10 тонн составляла 0,0032 м<sup>3</sup> (см. табл. 2).

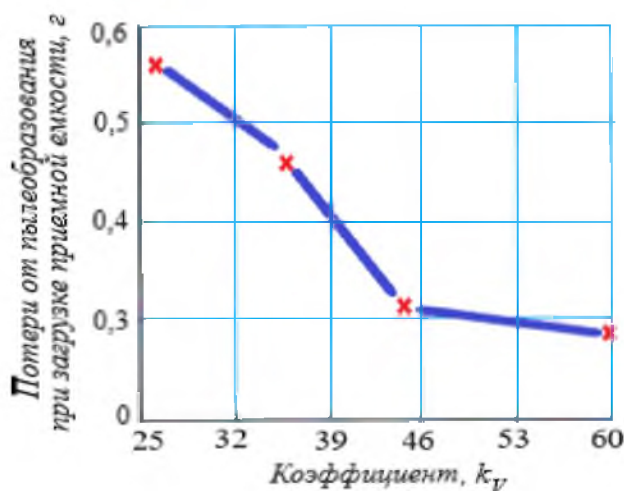


Рисунок 6 – Зависимость потерь груза от размеров приемной емкости

Таблица 4 - Результаты исследований влияния размеров приемной емкости на потери груза при пылеобразовании

| Вместимость приемной емкости, м <sup>3</sup> | Коэффициент $k_V$ | Потери от пылеобразования, г |
|----------------------------------------------|-------------------|------------------------------|
| 0,191                                        | 60                | 0,29                         |
| 0,142                                        | 44                | 0,31                         |
| 0,112                                        | 35                | 0,47                         |
| 0,083                                        | 26                | 0,56                         |

Из данных рисунка 6 следует, что при значении  $k_V > 45$  размеры приемной емкости на величину потерь от пылеобразования влияния не оказывает. Для меньших значений коэффициента  $k_V$  при определении потерь груза от пылеобразования необходимо учитывать размеры приемной емкости.

При исследованиях влияния времени раскрытия грейфера на величину потерь груза от пылеобразования в качестве сыпучего груза использовались комовая сера с влажностью 1% и апатит

с влажностью 0,5%. Грейфер был выполнен в масштабе 1:10, то есть  $k_l = 10$  к крану грузоподъемностью 10 тонн. Высота  $H$  падения груза (разгрузки грейфера) была постоянной  $H = 0,1$  м. Время раскрытия грейфера принималось равным 1; 2; 4 и 6 с. Повторяемость опытов пятикратная. Величина потерь груза определялась так же, как и в исследованиях

Результаты проведенных исследований представлены в табл. 5 и на рис. 7.

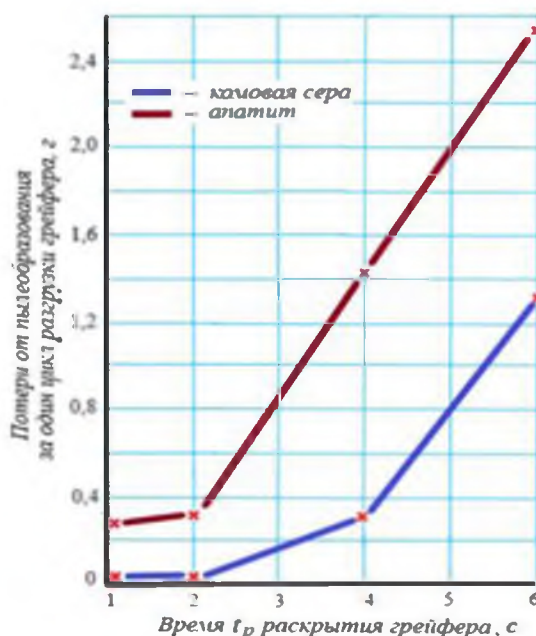


Рисунок 7 – Зависимость потерь груза от пылеобразования от времени раскрытия грейфера

Таблица 5 – Результаты исследований влияния времени раскрытия грейфера на потери комовой серы и апатита от пылеобразования

| Время $t_p$ раскрытия<br>грейфера, с | Значение потерь от пылеобразования при<br>параллельных опытах, г |       |      |       |       | Среднее значение<br>параллельных опытов, г |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------|------|-------|-------|--------------------------------------------|
| Комовая сера с влажностью 1%         |                                                                  |       |      |       |       |                                            |
| 1                                    | 0,02                                                             | 0,01  | 0,03 | 0,025 | 0,023 | 0,02                                       |
| 2                                    | 0,011                                                            | 0,015 | 0,02 | 0,022 | 0,012 | 0,01                                       |
| 4                                    | 0,32                                                             | 0,30  | 0,29 | 0,33  | 0,31  | 0,31                                       |
| 6                                    | 1,30                                                             | 1,31  | 1,33 | 1,28  | 1,32  | 1,32                                       |
| Апатит с влажностью 0,5 %            |                                                                  |       |      |       |       |                                            |
| 1                                    | 0,27                                                             | 0,29  | 0,30 | 0,32  | 0,26  | 0,29                                       |
| 2                                    | 0,31                                                             | 0,31  | 0,33 | 0,30  | 0,34  | 0,32                                       |
| 4                                    | 1,42                                                             | 1,43  | 1,40 | 1,43  | 1,39  | 1,41                                       |
| 6                                    | 2,57                                                             | 2,55  | 2,55 | 2,58  | 2,54  | 2,56                                       |

Из данных таблицы 5 и рисунка 7 следует, что с уменьшением времени раскрытия грейфера потери груза от пылеобразования снижаются:

- для апатита на 11% (апатит относится к порошкообразным грузам);

- для комовой серы на 1,5% (комовая сера относится к мелкозернистым грузам).

В большей степени снижение потерь при уменьшении времени раскрытия грейфера имеет место для сыпучих грузов, относящихся к категориям порошкообразных пылевидных грузов с максимальным размером частиц 0,05...0,5 мм.

Таким образом, по результатам выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

- для снижения потерь груза от пылеобразования при грузовой обработке транспортных средств и открытых складов следует применять грейферы с большей вместимостью, то есть грейферные краны большей грузоподъемности;

- при определении потерь груза от пылеобразования необходимо учитывать размеры транспортных средств. При этом, размеры трюмов судов, для которых  $k_v = 180...550$  не влияют на величину потерь груза, а размеры полувагонов, для которых  $k_v = 6...19$ , существенным образом увеличивают потери груза;

- с уменьшением времени раскрытия грейфера до 1...2 секунд потери груза от пылеобразования снижаются на 1,5...11% в зависимости от фракционного состава сыпучего груза.

#### Литература

1. Бланк, Ю.И. Борьба с пылеобразованием в морских портах / Ю. И. Бланк, В. Я. Зильдман, В. А.

Чикановский // Морской транспорт: Экспресс – информация. – М., 1984. – Вып. 552. – С. 24 - 29.

2. Отделкин, Н. С. Теоретические основы оценки потерь и защиты окружающей среды от пылеобразования при перегрузке и хранении сыпучих грузов: дис... докт. техн. наук: 05.22.19, 03.00.16: защищена 2009 г.: утв. 2009 / Отделкин Николай Станиславович. – Н. Новгород, 2009. – 355 с.
3. Адамов, Е.И. Совершенствование методов определения и снижения потерь от пылеобразования при перегрузке сыпучих грузов грейферными кранами и перегружателями. Дис... канд. тех. наук. – Нижний Новгород, 2010. – 122 с.

#### Reference

1. Blank, YU.I. Bor'ba s pyleobrazovaniem v morskikh portah / YU. I. Blank, V. YA. Zil'dman, V. A. Chikanovskij // Morskoy transport / Ekspress – informatsiya. – M., 1984. – Vyp. 552. – S. 24 - 29.
2. Otdelkin, N. S. Teoreticheskie osnovy ocenki poter' i zashchity okruzhayu shchejsredy ot pyleobrazovaniya pri peregruzke i hranenii sypuchih gruzov: dis... dokt. tekhn. nauk: 05.22.19, 03.00.16: zashchishchena 2009 g.: utv. 2009 / Otdelkin Nikolaj Stanislavovich. – N. Novgorod, 2009. – 355 s.
3. Adamov, E.I. Sovershenstvovanie metodov opredeleniya i snizheniya poter' ot pyleobrazovaniya pri peregruzke sypuchih gruzov grejfernymi kranami i peregruzhatel'nyami. Dis... kand. tekhn. nauk. – Nizhnyj Novgorod, 2010. – 122 s.

УДК 629.5.072

DOI: 10.34046/aumsuomt.103/11

## КОНТРОЛЬ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ КРУПНОТОННАЖНОГО СУДНА ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ УСЛОВИЙ НЕДОСТАТОЧНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

*М.Л. Джавукуян, аспирант.*

В статье рассматривается модель контроля местоположения крупнотоннажного судна при возникновении условий недостаточной навигационной информации, а также графоаналитический способ оценки параметров вектора состояния судна с помощью теории нечетких чисел. Указываются основные достоинства нечеткой модели, а также возможности ее применения в различных навигационных системах. Алгоритм способа реализуется на примере захода в порт Новороссийск.

Ключевые слова: контроль местоположения, недостаточная навигационная информация, безопасность мореплавания, навигационная опасность, нечеткая логика, нечеткие числа, вектор состояния.

## CONTROL OF THE POSITION OF A LARGE- TONNAGE VESSEL IN THE EVENT OF INSUFFICIENT NAVIGATIONAL INFORMATION CONDITIONS

*M.L. Dzhavuktsyan*

The article considers a model for controlling the location of a large-tonnage vessel in the event of conditions of insufficient navigational information, as well as a graphical-analytical method for estimating the parameters of the vessel's state vector using fuzzy number theory. The main advantages of the fuzzy model are indicated, as well as the possibilities of its application in various navigation systems. The algorithm of the method is implemented on the example of entering the port of Novorossiysk.

Key Words: position control, insufficient navigation information, safety of navigation, navigation hazard, fuzzy logic, fuzzy numbers, state vector.