

## МЕТОДИ И СРЕДСТВА ЗА БОРБА С ПРАХООБРАЗУВАНЕТО В ПРИСТАНИЩАТА

Гл.ас. д-р Яна Ганчева  
ВВМУ „Н.Й.ВАПЦАРОВ“, Варна

**Резюме:** Традиционната обработка на насипни товари в пристанищата е съпроводена с протичане на интензивно прахообразуване. Наличието на прахови частици в пристанищната среда застрашава здравето и безопасността на работниците и едновременно с това оказва влияние върху качеството на въздуха в пристанищния район и неговата околност. Тези предизвикателства мотивират пристанищните власти да заемат проактивна роля и да прилагат ефикасни техники за контрол на емисиите на прахови частици. Във връзка с това целта на публикацията е да фокусира вниманието на заинтересованите лица към някои методи и средства за потушаване на прахообразуването, които в съвременната пристанищната практика са доказали своята ефикасност.

**Ключови думи:** прахообразуване, ветрозащитни прегради, системи за суха мъгла, еко бункери

## METHODS AND TECHNIQUES FOR DUST EMISSION CONTROL IN PORTS

**Dr. Yana Gancheva, Assist. Prof.**  
Nikola Vaptsarov Naval Academy, Varna

**Abstract:** The traditional bulk cargo handling in ports is accompanied by intensive dust emission. The presence of dust particles in the port environment threatens the health and safety of the port workers and at the same time affects the air quality in the port area and its vicinity. These challenges encourage port authorities to take a proactive role and implement efficient techniques for dust emission control. In this regard, the paper aims to focus the attention of all concerned on some dust suppression methods and techniques which have proved efficient in modern port practice.

**Keywords:** dust emission, windbreaks, dry fog systems, eco bunkers

## 1. Въведение

Обичайно насипните товари, които се обработват в пристанищата, са пшеница, царевица, шрот, руди и рудни концентрати, въглища, кокс, цимент, биомаса, фосфорит, апатит, торове, и други. Обработката им води до образуване на големи количества прах [15]. При някои товари, например въглища и инертни материали, прахът представлява малки частици от самия материал, и при други, например зърнените и бобовите култури, той може да съдържа и примеси като бактерии и гъбички. За някои от тези товари има въведени специфични гранични стойности на експозиция на работното място и могат да бъдат класифицирани като опасни вещества.

Различните видове прах оказват специфично неблагоприятно въздействие върху здравето на човека, но най-вече оказват влияние върху белите дробове. Например прахът от зърното и соята може да причини професионална астма, а прахът от други товари стават причина за развитие на хронична обструктивна белодробна болест (ХОББ) [3].

При определени условия прахът, който се отделя от някои товари (въглища, захар, зърно, някои метали и редица синтетични органични химикали), може да образува взривоопасна и/или запалима смес с въздуха [13].

**Целта** на публикацията е да представи и анализира съвременни методи и средства за потушаване на прахообразуването, които са намерили своето успешно приложение в експлоатационната практика на пристанищата.

**Ограниченията** се отнасят до разглеждане на някои методи и средства за ограничаване на разпространението на прах, които благодарение на своите характеристики намират универсално приложение при обработката на множество насипни товари в пристанищата.

## 2. Изложение

### 2.1. Мерки за намаляване на риска за здравето и за предотвратяване на риска от експлозия при прахообразуване в пристанищата

Минимални изисквания за здравословни и безопасни условия на труд в работна среда, в която има условия за образуване на прах, са посочени в [1].

По принцип, за да се намали риска за здравето, излагането на прах трябва да се избягва. При повечето случаи в пристанищата това е невъзможно, затова прахообразуването трябва да се контролира по подходящ начин. В допълнение към [1] някои от мерките за контрол над праха включват:

- планиране на задачите по начин, по който да се намали генерирането на прах;

- ограничаване на достъпа на персонал до запрашени зони, в които се извършват дейности по товарене, разтоварване, пробутване;
- използване на херметично затворени системи при непрекъснатата обработка с транспортъори;
- потушаване на праха с пулверизиране на вода или други свързващи вещества;
- поддържане в изправно състояние и в готовност за работа на оборудването, което се използва за потушаване на праха;
- осигуряване на подходящи системи за филтриране на въздуха в кабините на всички превозни средства, използвани за обработка на прашни и прахообразуващи товари;
- използване на средства за респираторна защита, които трябва да са адекватни на работната среда; те трябва да бъдат поддържани и да са съвместими с други носени предпазни средства;
- предоставяне на подходяща информация, инструкции и обучения на работниците, свързани с рисковете за здравето, които да възпитават у тях дисциплинираност при спазване на мерките за безопасност на труда;
- осигуряване на здравно наблюдение на работниците.

В пристанищата намират приложение и мерки за предотвратяване на риска от експлозия като:

- поддържане на подходяща чистота в работните зони за недопускане или свеждане до минимум на натрупването или отделянето на прах;
- използване на подходящи локални принудителни вентилационни системи;
- недопускане или ограничаване на всякакви източници на запалване; в тази връзка например се препоръчва използване на взривобезопасно осветление;
- прилагане на процедура за разрешение за огневи работи в запрашените зони [2].

Следователно в нормативната уредба и в практиката на пристанищата са предвидени мерки за предпазване на работниците от прахови частици, отделени при обработка на насипни товари. Трябва да се има предвид, че не трябва да се разчита единствено и само на тях като единствена форма на защита поради ниската им ефективност. Затова пристанищата търсят други ефикасни средства за намаляване на прахообразуването, някои от които са разгледани по-долу в изложението.

## **2.2. Машини и системи за потушаване на прахообразуването в пристанищата**

В резултат на задълбочено проучване на информационни източници, третиращи проблема - официални интернет страници на пристанища и производители на специализирано оборудване, научни публикации, становища на експерти, и други, се установява, че разгледаните по-долу съвременни машини и системи се характеризират с известна степен на универсалност по отношение на приложението им в пристанищата и се оказват сред най-ефикасните за ограничаване на разпространението на прах.

### **2.2.1. Системи за генериране на суха мъгла**

Системите за генериране на суха мъгла са проектирани за ефикасно намаляване на неорганизирания прах в зоните, в които се обработват насипни материали, като точки на прехвърляне, в които материалът се подава от един транспортър на друг, при работа на хвърлящи машини, трошачни машини, пресевни съоръжения, разтоварища за камиони, претоварни пунктове на жп вагони, корабни товаро-разтоварващи машини, и други [12].

По принцип „тайната“ на водната мъгла зависи от наличието на три важни условия:

#### 1) водна мъгла

Фината мъгла овлажнява праха, прави го тежък и го спуска/ отвежда до земята без да образува локви или да замърсява материала. Водната мъгла има двойна роля за намаляване на нежеланите прахови емисии във въздуха. От една страна чрез овлажняване на въздуха носещият се в него прах се спуска на земята, и едновременно с това чрез овлажняване на откритите повърхности (както на материала, така и на пода/ терена) те се изолират и прахът не преминава във въздуха.

#### 2) размер на капките

Оптималният размер на водните капки е ключът към постигане на ефикасност: праховите частици се отблъскват от бързо падащите големи капки, но се задържат върху по-малките (бавно падащи) капки с подобен размер (на фигура 1).

Конвенционалните системи за разпръскване на вода обикновено генерират големи, тежки водни капки, които не улавят по-голямата част от намиращия се във въздуха прах.

Благодарение на усъвършенствана технология оръдията за водна мъгла генерират и разпръскват водни капки с различни размери между 10 и 100  $\mu\text{m}$ . Чрез контрол върху дебитата на водата и размера на капките тези машини за потискане на праха могат да се адаптират към цял спектър от условия.

### 3) оптимално разпределение на водната мъгла

За ефикасната борба с концентрацията на прах [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] от важно значение е правилното разположение на водните оръдия спрямо източника на прах. Необходимо е също да се определи количеството вода ( $\text{m}^3$ ), което трябва да се използва.

Върху ефикасното потискане на праха влияят и фактори като: обща склонност на материала към разпрашаване, специфични за предприятието условия като скорост на движение на транспортните средства, височина на падане на материала, също и условията на околната среда [12].

Технологията за суха мъгла, използвайки сгъстен въздух и обикновена вода, генерира капки с размери 10 микрона или по-малки. Тези ултрафини водни капки добавят влага по-малко от 0,10 теглови процента. Когато подобни по размер капки и прахови частици се сблъскат, настъпва агломерация, в резултат на която се получават по-големи частици. Те попадат обратно в потока под действието на гравитацията, т.к. са твърде тежки, за да се задържат във въздуха (фигура 1).



Фиг. 1 Поведение на водната капка и праховата частица в зависимост от размерите им

Източник: [8]

За да се постигне агломерация при източника на прах, трябва бъдат изпълнени две условия:

1. да има равни количества водни капки и прахови частици с еднакъв размер и
2. водните капки и праховите частици трябва да се намират в затворена зона.

В работната точка източникът на прах се покрива с капчици, за да се предотврати разнасяне на прахови частици във въздуха.

Към предимства на системите за генериране на суха мъгла може да се отнесе следното: лесен монтаж, опростена поддръжка, гъвкава конфигурация, изискват се по-малки инвестиции и оперативни разходи в сравнение със системите за вентилация и системите от химически тип.

Технологията за суха мъгла се използва за намиране на индивидуални решения за контрол на прахообразуването. Те са [4]:

- *пръстени за суха мъгла*

Използват се в мястото на разтоварване на товара от транспортъора, в което товарът е изложен на действието на вятъра. Устройството представлява пръстен от неръждаема стомана, който подава суха мъгла. Тя обгръща като лека завеса материала и пада заедно с него. По този начин се предотвратяват неорганизираните емисии на прах.

- *глави (накрайници) за суха мъгла*

Представяват накрайници за генериране на суха мъгла. Местоположението им се избира така, че да се осигурява влажност в точките, в които става отделяне на товара от транспортъора при разтоварване. Този метод може да се комбинира с дозираща система за въвеждане на повърхностно активни вещества за потискане на праха с цел да се намалят емисиите надолу по веригата.

- *оръдия за суха мъгла, монитрани на кула*

Представяват устройства, които са монтирани на кули от въглеродна стомана с височина до 6 метра. Те генерират пулверизирана „пелена“ от мъгла, която потиска повдигането на праховите частици от зоната на откритите складове при извършване на складови работи.

- *мобилни оръдия за потискане на прахообразуването*

Устройствата са монтирани на плъзгаща се или мобилна количка. Могат да извършват допълнителни колебателни движения. Ъгълът на изхвърляне на суха мъгла е в диапазона  $0^{\circ} - 50^{\circ}$ , вследствие на което разпределят милиони фини водни капки върху голяма площ. Мобилността позволява на оръдието да се позиционира в засегнатите от праха места. Могат да обслужват както зони за съхранение на товари, така и празен кораб по цялата му ширина.

### **2.2.2. Системи за ветрозащита (намаляване на силата на вятъра)**

Ветровата ерозия причинява около 30% от емисиите на прах от фигурите с насипни материали при складиране на открито [11]. Прах се образува, когато скоростта

на вятъра е по-голяма от граничната скорост, при която частиците материал все още остават на повърхността на земята. Граничната скорост зависи от вида на складирувания материал, съдържанието на влага и от специфичното тегло на праховите частици. Намаляването на скоростта на вятъра води до по-малко прахообразуване. Ветрозащитните прегради са проектирани така, че да оказват съпротивление на насрещния вятър и да намаляват скоростта му до 75% в защитената зона.

Системите с ветрозащита предотвратяват разпространението на праха, който се генерира от вятъра, при товаро-разтоварните операции, както и от движението на оборудването и превозните средства. Други предимства на ветрозащитата са [10]:

- Ветрозащитната преграда намалява или премахва необходимостта от разпръскване на вода върху купчината материал, която е изложена на риск от възпламеняване;
- Намалява или премахва необходимостта от разпръскване на химически вещества върху купчината;
- Явява се по-евтина алтернатива на химическото третиране и на складирането на закрито.

За да се разбере принципа на действие на ветрозащитните прегради, се разглеждат следните случаи.

**1 случай.** Ако за ветрова защита се използва плътна стена (фигура 2), тогава вятърът увеличава налягането от наветрената ѝ страна. В следствие на това от двете страни на преградата се създават зони с различно налягане. В този случай непроницаемата стена само отклонява вятъра, а не го намалява.

**2 случай.** Ако в стената има отвори, тогава през всеки отвор се извършва пренос на въздух от местата с високо налягане към местата с ниско налягане. Това води до увеличаване на скоростта на въздуха в защитената зона, преминаване на въздушния поток над стената и създаване на турбулентно движение от другата ѝ страна, което е съпроводено с усилване на скоростта на вятъра и предизвиква по-голямо прахообразуване.

**3 случай.** Ако преградата е изградена от порест материал (фигура 3), високата скорост на вятъра, който се движи към открития склад, ще бъде намалена, т.к. порестостта позволява на въздуха да преминава през преградата и да се изравнява диференциалното налягане от двете страни на бариерата.



Фиг. 2 Въздействие на вятъра върху купчина материал при непроницаема стена



Фиг. 3 Въздействие на вятъра върху купчина материал при ветрозащитна преграда

Следователно само в третия случай ветрозащитната преграда може да изпълни основната си роля, т.е. да намали скоростта на вятъра, който се движи към купчините материал, и да предотврати „повдигането“ на частици в защитената зона.

Движението на праховите частици може да се извършва по три различни начина:

- търкаляне и/ или плъзгане по земята– наблюдава се при големите частици; в зависимост от скоростта на вятъра материалът може да бъде преместен на друга купчина;
- салтация (saltation), при която частиците извършват поредица къси отскоци по земята, като всеки удар отмества допълнителни частици;
- или е възможно да се намират в суспендирано състояние в атмосферата (suspension), при което фините частици се придвижват успоредно на повърхността и могат да бъдат отнесени високо в атмосферата от силните ветрове. Връщат се на земята, само когато вятърът отслабне, или се отнасят надолу с валежите. Суспендираните частици могат да изминат стотици километри.

Следователно чрез контролиране на скоростта на вятъра е възможно да се регулират нивата на праховите частици във въздуха.

Основен елемент на ветрозащитните огради е платното, изтъкано от индустриален полиестер. То е устойчиво на UV-лъчи, климатични условия и екстремни температури. Притежава уникална способност да се разтяга и опъва, издържа натоварване до 200 кг. Поради отличната си еластичност запазва формата си, дори след многократно силно ветрово въздействие. Дизайнът с прорези не позволява прахът да се задържа на тъканта [9].

За да се определи подходящата порестост на материала, която е необходима за ефективно намаляване на скоростта на вятъра, се извършва задълбочен инженерно-технически анализ на сложните модели на въздушните и праховите потоци, които могат



да се наблюдават на съответното място. За целта се анализират фактори като скорост на вятъра, налягане, температури, топография и наличие на съществуващи структури, за да се определи точно местоположението и височината на оградящата преграда.

### **2.2.3. Системи за разпръскване на вода (*Water spray systems*)**

Понякога е желателно обработваният материал да се намокри чрез директно подаване на вода. Системите за разпръскване на вода използват помпа за високо налягане и различни дюзи за разпръскване, за да добавят точното количество вода към материала. Този тип системи се използват на местата, в които краищата на транспортъорите се намират до фигурите с материали, също и при обработка, при която е допустимо леко навлажняване на материала. Някои системи са оборудвани с модулиращи водни регулатори, програмирани да поддържат подходящо съотношение между дебита на водата и количеството на материала.

**Принцип на действие на системите за разпръскване на вода.** Системите за разпръскване на вода осъществяват контрол върху запрашаването като генерират силно пулверизирана мъгла, която потиска прахови частици във въздуха с размери по-големи от 15 микрона. Същевременно системите добавят между 0,2 и 0,5 тегловни процента влага в процеса, за да се елиминират видимите емисии на прах от работата на звената надолу по веригата. Системите за разпръскване на вода работят на принципа на агломерацията на прахови частици във въздуха. Те генерират водни капки с размера на праховите частици. Тези водни капки се сблъскват с праховите частици и създават по-големи частици, които гравитацията притегля към повърхността на терена. Ключовият момент при системите с разпръскване на вода е, че най-малката възможна капка, генерирана от системата за пръскане с вода под високо налягане, е около 20 микрона, което е ефикасно за видимия и вдишвания прах, но не и за респирабилната фракция на праха. Намаляването на праха надолу по веригата, постигнато чрез овлажняване, ще намали образуването на респирабилен и видим прах.

### **2.2.4. Системи/ продукти/ за химическо потискане на праха**

Системите за химическо потискане на праха използват химически повърхностно активни вещества, които свързват частиците прах или намаляват повърхностното напрежение на водата, увеличавайки способността ѝ да прониква в транспортирания материал. След монтирането им химическите системи изискват дългосрочни разходи за химикали, с които работи системата. Освен това се изисква административно

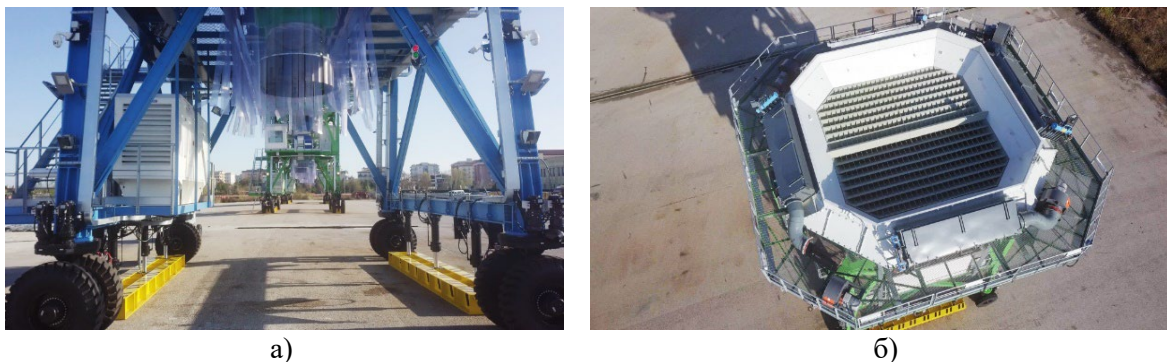
обслужване и управление на безопасността при транспортиране, съхранение и водене на документацията. Подобно на други разпръскващи съоръжения химическите системи навлажняват материала, което потенциално влияе на калоричността на горивата и овлажнява оборудването, което налага допълнителни изисквания за поддръжка.

Химикалите за контрол (потискане) на праха могат да се прилагат върху насипни товари, което намалява емисиите на прах. Тези химикали се добавят към водата или директно към товара. Към най-често използваните химически супресанти се отнасят лигносулфонати, калциев хлорид, магнезиев хлорид [16].

### 2.2.5. Еко-бункери

Еко-бункерът (фигура 4) се характеризира с екологосъобразен дизайн и има инсталирани филтърни системи, които допринасят за намаляването на емисиите на прах по време на претоварни операции. Конструкцията на еко-бункера е съобразена с принципите за устойчивост. Той намалява въздушният поток до минимум, така че повърхността на филтъра и консумацията на електроенергия да бъдат намалени [7].

В горната част на бункера има система за намаляване на турбуленцията, която често се причинява от страничния вятър. Бункерът е подсилен, което придава оптимална стабилност на цялата конструкция. По принцип еко-бункерите са подходящи за обработка на товари с почти всякакви характеристики и свойства на потока.



Фиг. 4 Еко-бункер

а) изглед към разтоварващия край на еко-бункера; б) изглед отгоре

Източник: [14]

Обикновено в конструкцията на еко-бункера има вградени:

- конусовиден решетъчен екран, който позволява грайферът да се спусне в приемна зона преди да се отвори. Това свежда до минимум генерирането на прах, създаван от страничните ветрове и от самото разтоварване;
- изолационен екран на вътрешния улей на бункера, който е проектиран, така че да изолира филтърните елементи за прах от основния товаропоток, и по този начин оптимизира работата на филтъра;
- „Flex-Flap“ система за задържане на праха: специална система от преплетени гъвкави ленти, които поддържат отрицателно въздушно налягане в бункера за задържане на праха;
- патронни филтри с вградени изпускателни устройства;
- телескопичен улей за товарене на камиони с контрол на праха.

### 2.2.6. Каскаден улей за товарене на транспортни средства

Улеят се използва за преодоляване на редица проблеми, възникващи при товарене на сухи насипни материали в превозни средства, свързани с: прахообразуването, разрушаването и сепарирането на материали, както с препълването на транспортните средства и разпиляването.

При свободно падане товарът се ускорява, което води до отделяне на прахови частици от материала, които се изтласкват от бързодвижещия се въздушен поток [5].



Фиг. 5 Каскадна система от конуси, окачена на корабен товарач, за товарене на зърно

Източник: [6]

При каскадната система материалът се спуска като поток по контролиран начин, при което не се отделят частици материал /прах/ във въздуха.

Товаренето на кораба представлява сериозно предизвикателство, т.к. материалът постъпва в хамбарите от транспортърната стрела на корабния товарач, който е

разположен на височина 20 м и повече от пайола на трюма. Това е съпроводено от висока скорост на материала и често до изключителна опасност от запрашаване.

При каскадните системи товарният поток се насочва по редица наклонени конуси, които ограничават скоростта на материала до контролирана скорост. Конусовидната форма задържа материала по начин, който предотвратява отделянето на частици и свежда до минимум тяхното разрушаване. Намалява и сегрегирането на материала. При тази технология генерирането на прах се елиминира при източника, вместо да се използват скъпи и енергоемки системи за прахоулавяне и пречистване (филтриране). Оптимизирането на дебита на товарния поток се извършва чрез регулиране на наклона на конусите.

Приложението на каскадни системи за намаляване на емисиите при складови операции подобрява работната среда и намалява натрупването на потенциално опасния прах в ограничената зона. Използва се в силози и складови съоръжения при обработка на насипни товари, на транспортърни стрели, на окачени улеи, или са разположени във фиксирани точки. Подходящи са за обработка на зърно, биомаса, дървени пелети, поташ и други товари.

### **3. Заключение**

Експозицията на прах в пристанищата е проблем, с който трябва да са запознати работодатели и работници поради рисковете, които праховите частици създават за човека, околната среда и машините. В националното законодателство и в правилниците за експлоатация на пристанищата са предвидени мерки, които имат за цел да сведат до минимум количеството прах в работните зони. Те са задължителни за всички изпълнители. Не трябва обаче да се разчита на тях като единствено възможна защита. В съвременните пристанища като средства за намаляване на прахообразуването се използват технологията за сухата мъгла, ветрозащитните прегради, екобункерите, каскадните улеи, а в някои случаи се прибегва и до използване на химически супресори на прах. Широкото им приложение се дължи на тяхната ефикасност и универсалност по отношение на широк спектър от условия и насипни товари.

### **Използвани източници**

1. НАРЕДБА № 7 от 23 септември 1999 г. за минималните изисквания за здравословни и безопасни условия на труд на работните места и при използване на работното

- оборудване. [Online] Available from: <https://lex.bg/laws/ldoc/-549670400> [Viewed 2024-04-02].
2. МЕДИК КОНСУЛТИНГ, 2018. Огневи работи - правила за безопасност и изисквания. 26.03.2018. [Online] Available from: <https://zbut.bg> [Viewed 2024-03-30].
  3. ANGELINI PHARMA. n.d. Хронична обструктивна белодробна болест (ХОББ). Website. Available from: <https://www.angelinipharma.bg/terapevtichni-oblasti/pulmologiya/khronichna-obstruktivna-belodrobna-bolest-khobb/> [Viewed 2024-03-26].
  4. BOSSTEK, 2022. Dust Suppression Solutions Promote Safety and Compliance at Ports. 20 September 2022. [Online] Available from: <https://bosstek.com/dust-suppression-solutions-for-safety-at-ports/> [Viewed 2024-03-28].
  5. CLEVELAND CASCADES LTD, 2021. Providing the industry standard for loading solutions. Dukesway. United Kingdom. Available from: <https://clevelandcascades.co.uk/wp-content/uploads/2021/02/Cleveland-Cascades-Eng-Brochure-030221.pdf>
  6. CLEVELAND CASCADES LTD, 2023. Providing the industry standard for loading solutions. Dukesway. United Kingdom. Available from: [https://clevelandcascades.co.uk/wp-content/uploads/2023/04/Cleveland\\_Cascades\\_Customer\\_ref\\_list\\_25123.pdf](https://clevelandcascades.co.uk/wp-content/uploads/2023/04/Cleveland_Cascades_Customer_ref_list_25123.pdf)
  7. DRY CARGO INTERNATIONAL, 2023. Engineering & Equipment: Environmentally friendly solutions for loading and unloading bulk materials. Issue No. 269, June 2023, pp. 75-77 [Online] Available from: [www.drycargomag.com](http://www.drycargomag.com)
  8. DUST SOLUTIONS INC, n.d. Dry Fog Systems. Website. Available from: <https://nodust.com/solutions/dry-fog-solutions/> [Viewed 2024-03-10].
  9. DUST SOLUTIONS INC, n.d. DUSTTAMER™ Products. Website. Available from: <https://nodust.com/solutions/wind-fence/#products-section> [Viewed 2024-02-25].
  10. DUST SOLUTIONS INC, n.d. Storage Piles Application. Website. Available from: <https://nodust.com/application/storage-piles/?industry=aggregate-cement-sand> [Viewed 2024-02-10].
  11. DUST SOLUTIONS INC, n.d. Wind Fence DustTamer™ Systems. Website. Available from: <https://nodust.com/solutions/wind-fence/> [Viewed 2024-03-10].
  12. EmiControls, 2022. Small drops, big impact: dust management. [Online] Available from: [https://www.emicontrols.com/media/emicontrols\\_dust\\_management\\_folder\\_en.pdf](https://www.emicontrols.com/media/emicontrols_dust_management_folder_en.pdf) [Viewed 2024-03-15].
  13. Health and Safety Executive, n.d. Dusty cargoes. Website. Available from: <https://www.hse.gov.uk/ports/dusty->

[cargoes.htm#:~:text=Different%20dusts%20have%20different%20adverse,a%20cause%20of%20occupational%20asthma](#) [Viewed 2024-03-24].

14. MDG HANDLING SOLUTIONS. n.d. Eco hoppers: The new MDG huge eco hopper - dust free and modular assembly. Website. Available from:

[https://www.mdghandlings.com/eng/articles/eco-hoppers\\_682.html](https://www.mdghandlings.com/eng/articles/eco-hoppers_682.html)

15. SPRAYSTREAM. n.d. Ports and transshipment. Website. Available from:

<https://www.spraystream.com/en/sectors/ports> [Viewed 2024-04-05].

16. SYNERGY SPRAY SYSTEM, 2023. Dust Mitigation during transportation and handling of bulk cargo at seaports. 08.10.2023. [Online] Available from:

<https://www.synergyspray.com/dust-mitigation-during-transportation-and-handling-of-bulk-cargo-at-sea-ports/> [Viewed 2024-04-05].