



УДК 543.275.3

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЫЛЕУНОСА СЫПУЧИХ ГРУЗОВ С ПОРТОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ТЕРМИНАЛОВ ДЛЯ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ

**Липатов Игорь Викторович**, д.т.н. профессор кафедры водных путей и гидротехнических сооружений.  
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».  
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

**Костюничев Денис Николаевич**, к.т.н., проректор по среднему профессиональному образованию – начальник НРУ им. И. П. Кулибина, доцент кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта.  
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта».  
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

*Аннотация. В статье рассматриваются вопросы снижения пыления сыпучих грузов на территории порта. Проанализированы методические подходы к проектированию систем снижения запыленности открытых складов с помощью пылеудерживающих сеток. Показано что наиболее оптимальным является математическое моделирование процесса пыления штабелей под действием ветра. Для моделирования движения воздуха предлагается использовать систему уравнений Навье-Стокса, а для моделирования работы пыл удерживающих сеток – плоские пористые среды, описываемые законом Эргуна.*

*Ключевые слова: сыпучий груз, открытый склад, штабель, пылеунос, экологическая обстановка, математическое моделирование, пористые среды, закон Эргуна.*

Современный подъем экономики резко интенсифицировал грузоперевозки сыпучих и активно пылящих грузов. В связи с исторически сложившейся структурой транспортной сети, большая часть этих грузопотоков идет через речные и морские порты.

Перечень сыпучих пылящих грузов, проходящих через порт достаточно широк: зерно, песок, руды, нерудные стройматериалы, химические удобрения, уголь и т.д. Данные грузы доставляет немало хлопот из-за того, что в процессе перегрузки и открытого способа хранения имеют склонность к пылеобразованию. Наиболее интенсивным пылением сопровождается процесс хранения сыпучих грузов на портовых открытых складах и перевалка грузов с применением грейферных механизмов. Все это приводит к повышенному загрязнению атмосферного воздуха твердыми аэрозолями, вредные вещества также оседают на прилегающей акватории и почве, что создает угрозу здоровью людей, приводит к деградации растительного и животного мира, а также к безвозвратным потерям самого груза.

Так, весной 2011 года в Находке часть акватории порта оказалась накрыта толстым слоем угольной пыли. Проведенные после сообщений в СМИ Роспотребнадзором лабораторные исследования также показали двойное превышение концентрации неорганической пыли в воздухе возле жилых домов, расположенных в 300 метрах от портовой территории [3].

В 2012-2013 годах уполномоченными федеральными органами исполнительной власти были возбуждены административные производства по факту превышения нормативов предельно допустимых выбросов в атмосферный воздух по неорганической пыли при перегрузке угля в отношении одного из операторов во Владивостокском порту. От жителей поселков Ванино, Токи и Октябрьский неоднократно поступали сообщения о приносимой с терминала ветром угольной пыли и жалобы на ухудшение здоровья. Перспектива расширения угольных мощностей в порту Ванино, по мнению экологов, может еще больше повысить социальную напряженность в районе [3].

Для снижения запыленности с портовых территорий, стали активно применяться сетчатые экраны пылеуловители. Они монтируются по периметрам грузовых причалов в целом или отдельного открытого склада для сыпучих грузов. Изменяя кинематическую структуру воздушного потока, обдувающего штабель склада, сетки стремятся минимизировать градиенты скоростей, воздействующие на поверхность склада с сыпучим грузом. Тем самым они уменьшают пылеунос с поверхности склада и снижают негативное воздействие пыли на окружающую среду [4].

На первый взгляд, аэродинамические процессы при обдувании склада, защищаемого сетчатым экраном, не представляют большой сложности. Но открытый характер движения воздуха вокруг штабеля (отсутствует граница для воздуха сверху) и турбулизация потока при обдувании штабеля склада и защитного экрана создает достаточно сложную картину формирования поля скоростей непосредственно на поверхности штабеля. При этом, экран закрывает нижние (приземистые) слои ветровых потоков, перераспределяя их в верхние области штабеля. В результате, в наиболее сложной области обдувания (верхний угол штабеля) помимо отрывного течения, формируется дополнительное поле скоростей отрыва, что интенсифицирует пылеунос частиц груза с поверхности штабеля.

Таким образом, для получения максимального коэффициента полезного действия от вновь создаваемой системы пылеулавливающих экранов, необходимо предварительное исследование характера их воздействия на воздушный поток, обтекающий штабель открытого склада. Основной целью этих исследований должен стать подбор оптимальных параметров пропуска воздуха через сетчатые экраны (промышленность выпускает их несколько типов), а также их конфигурация и взаимное расположение относительно штабеля. Критерием оптимальности может стать минимальный пылеунос с поверхности штабеля при всем многообразии размеров и конфигурации открытых складов и различных типов экранов, направлениях и скоростях ветра, а так же топографические особенности расположения реального порта.

Для исследования подобных явлений на практике используются три базовых подхода: экспериментальный; лабораторный; теоретический. При постановке экспериментов на натурном объекте, мы можем в конце столкнуться с большим объемом изменений в конструкции, вплоть до полной переделки начального замысла. Попытки экстраполировать предыдущий опыт на текущую ситуацию будут мало перспективны из-за большой разницы в топологических и географических условиях различных портов. По мимо этого, отследить в натуре весь спектр направлений и скоростей ветра представляется практически невыполнимой задачей. Лабораторный эксперимент связан с дорогостоящим и уникальным оборудованием, которое не всегда позволит с достаточной дискретностью оценить нужные параметры и тем самым обеспечить приемлемый уровень точности.

Таким образом, остается теоретический подход на базе математического моделирования. Для моделирования движения воздушного потока предполагается использовать уравнения Навье-Стокса [1]. Работу пылеулавливающих экранов

предполагается моделировать в виде плоских поверхностей пористых сред. Коэффициент проницаемости сетки предполагается определять как лабораторным, так и теоретическим путем посредством локального математического моделирования каждого типа сетчатого экрана [2]. Такой подход позволит избежать излишней детализации каждого элемента пыле улавливающего экрана, и как следствие – большого объема расчетной сетки. А с другой стороны, в перспективе, позволит смоделировать процессы на трехмерном объекте вплоть до всей территории грузового причала или порта в целом.

#### **Список литературы:**

1. Липатов И.В., Сикарев С.Н., Адамов Е.И., Смирнов С.Г., Людмилин М.М.. Математическая модель поведения воздушных потоков на территории открытых угольных складов. - Научные проблемы водного транспорта № 62 (2020). С -20-26.
2. Мартыненко О. Г., Михалевич А. А., Шикоз В. К. Справочник по теплообменникам. — В 2-х томах. — М.: Энергоатомиздат, 1987.
3. Галина Музлова. Станет ли экологический фактор частью экономики перевалки навалочных грузов в морских портах? Морские порты. №4. - 2014
4. Московская И. В., Лазарева Л. П. Анализ эффективности применения ветропылезащитных экранов на открытых складах угольных терминалов Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) # 6 (15), 2015 | ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. С. 140-144.

### **PROSPECTS FOR THE STUDY OF THE PROCESSES OF DUST REMOVAL OF BULK CARGO FROM THE PORT TERRITORIES OF TERMINALS FOR BULK CARGO**

Igor V. Lipatov , Denis N. Kostyunichev

*Annotation. The article discusses the issues of reducing the dusting of bulk cargo on the territory of the port. Methodological approaches to the design of systems for reducing the dust content of open warehouses using dust-retaining grids are analyzed. It is shown that the most optimal is the mathematical modeling of the process of dusting stacks under the influence of wind. It is proposed to use a system of Navier-Stokes equations to simulate the movement of air, and flat porous media described by Ergun's law to simulate the operation of dust-retaining grids.*

*Keywords: bulk cargo, open warehouse, stack, dust removal, environmental situation, mathematical modeling, porous media, Ergun's law*