

Экологические проблемы перевалки сыпучих грузов в морских портах

С.А. ОГАЙ, А.С. ОГАЙ, В.Г. НЕПЕЙВОДА

Морской государственный университет им. адм. Г. И. Невельского

Предлагаем вниманию читателей обзор экологических проблем, вызванных перевалкой сыпучих грузов в морских портах. Речь прежде всего пойдет об угольных терминалах, «виновных», как показывает практика, в наиболее масштабных загрязнениях окружающей среды.

В качестве средств, снижающих распространение угольной пыли, служат ветрозащитные экраны с повышенными качествами ветрогашения. Они состоят из эластичных клапанов, закрепленных на вертикальных и горизонтальных тросах, через которые легко проникают потоки воздуха. Такого рода проникаемые барьеры обеспечивают эффективную защиту грузовых терминалов от ветра, благодаря формирующимся в них восходящим потокам воздуха.

Тем не менее, озабоченность экологов общим состоянием территории, окружающей угольные терминалы, остается.

Общая характеристика проблемы

По своему характеру выбросы в атмосферу разделяют на организованные, отводимые от мест выделения системой газоотводов, и неорганизованные — результат нарушения герметичности их отводов или сдувания пылевых частиц потоками воздуха с больших поверхностей груза [1].

В этой публикации предлагаем рассмотреть мероприятия по снижению неорганизованных технологических выбросов, вызванных, в частности, перевалкой угля на грузовых терминалах. Этот вид запыленности является наиболее масштабным. В силу разных причин, в том числе технологических и экономических, борьба с этим явлением в портах, непосредственно в местах перевалки грузов еще не привела к решению этой актуальной проблемы. Это подтвердили, например, заме-

ры загрязнений в порту Восточный, где практически повсюду отмечено превышение концентрации угольной пыли.

Выводы, сделанные исследователями здесь и в других местах, еще раз подтвердили необходимость установки на наветренной и подветренной сторонах терминалов ветрозащитных и пылезакричных экранов [2].

В Морском государственном университете имени адмирала Г.И. Невельского имеются апробированные наработки ветрозащитных устройств для плавучих доков, установка которых позволяет снизить ветровые потоки в их внутрибашенном пространстве. Современные мягкие материалы, стойкие к атмосферному воздействию и не поддерживающие горение, используемые для изготовления экранов, позволяют успешно эксплуатировать изделия в течение 10–15 лет.

Именно так было обустроено укрытие одного из причалов названного нами порта Восточный, где для решения проблемы устранения запыленности угольного терминала при погрузочных работах руководствовались рекоменда-

циями японской компании «Ниппон Конвейер Ко. ЛТД» [3], в основе которых вывод: «нет ветра — нет запыленности».

Продувки композитного ветрозащитного экрана на специальной аэродинамической установке позволили получить визуализацию ветровых потоков за экраном и измерить скорости потоков. Результат подтвердил эффективность описанных выше барьеров, представленных на пути ветровой эрозии [4].

Из чего они сделаны?

Конструкция проникаемого ветрозащитного экрана имеет небольшую массу, относительно дешева, проста и надежна в эксплуатации. Экран представляет собой композитное полотнище, состоящее из отдельных клапанов 1, имеющих трапецевидную форму в плане и изготовленных из эластичного материала (рис. 1). Клапаны закреплены на горизонтальных и вертикальных связях (канатах). Каждый прикреплен своей нижней кромкой к горизонтальной связи 2 и боковыми кромками — к вертикальным связям 3. Под воздействием ветрового напора свободная верхняя и более длинная кромка каждого клапана (по сравнению с закрепленной нижней кромкой) расправляется и образует отверстие в полотнище, через которое проникает ветровой поток. Здесь он поворачивает и направляется вверх.

Проницаемость композитного экрана позволяет частично разгрузить конструкцию от давления ветра. Материал его клапанов имеет покрытие, стойкое к атмосферному воздействию, что позволяет использовать устройство на протяжении всего года и даже в суровые зимы, когда температура воздуха достигает -30°C . Кроме того, материал клапанов не опасен при производстве сварочных и огневых работ, так как не поддерживает горение.

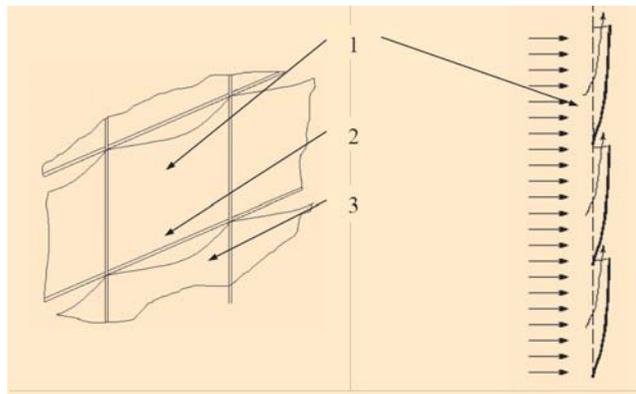


Рис. 1. Конструктивная схема и принцип действия проникаемого композитного экрана

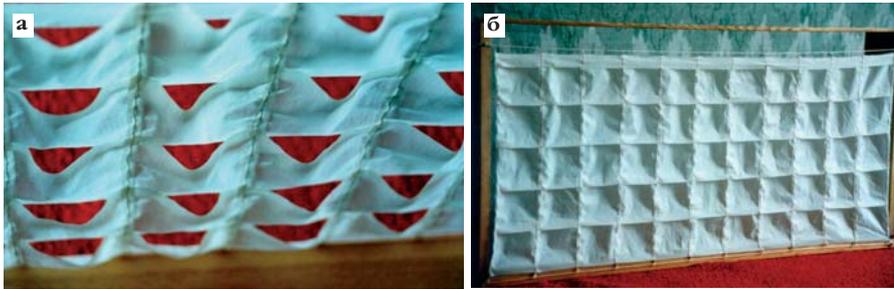


Рис. 2. Модель проницаемого композитного экрана: а) вид клапана сверху; б) общий вид экрана



Рис. 3. Расположение модели в установке а) позиционирование анемометра по отношению к модели; б) общий вид модели

Что показал эксперимент

Экспериментальные исследования ветрозащитных качеств проницаемого композитного экрана, изменяющего направление потока, проводились с целью получения зависимостей для границ ветровой тени за экраном от скорости набегающего потока и его геометрических параметров.

Исследования проводились на моделях (рис. 2) в специально спроектированной и построенной установке. Выборочно полученные результаты проверялись сопоставлением с аналогичными параметрами на натурном образце в плавучем доке.

Установка для измерения скоростей ветровых потоков за проницаемым ветрозащитным экраном состояла из вентилятора, набора спрямляющих решеток и открытой в верхней части рабочей камеры. В процессе эксперимента изменялась скорость ветрового по-

тока и угол наклона экрана к горизонту. Скорость воздушного потока в выбранных точках фиксировалась с помощью цифрового переносного анемометра и термоанемометра. Эксперимент проводился при скоростях воздушного потока 3–8 м/с. Всякий раз они зависели от изменений площади проходного сечения вентилятора.

Была выполнена серия измерений за непроницаемой и проницаемой моделями при их вертикальной установке, а также при наклонах в 15°. Модели располагались между стенками камеры установки вплотную (рис. 3). Измерения производились в плоскости симметрии рабочей части камеры. Позиционирование датчиков для измерения скорости воздушного потока осуществлялось координатором. Вертикальное положение измерителей фиксировалось с помощью ползуна на специальной штанге.

Размеры и скорости обдувания моделей были определены исходя из динамического подобия по критерию Фруда (Fr) в предположении, что на картину воздушного потока за ветрозащитным экраном основное влияние оказывают массовые силы:

$$L = f(H, V_{\infty}, g).$$

Размеры клапанов модели выбраны из условия сохранения коэффициента проницаемости экрана, равного 0,65.

Максимальная относительная погрешность экспериментальных измерений составила 10,2%. Замеры поля скоростей в трубе без модели показали равномерность инициирующего потока. Среднее квадратичное отклонение скорости потока лежит в пределах трех сигм.

Для анализа и сравнения результатов эксперимента введены понятия ветровой тени и зоны комфортности. Предложено точку перегиба на эпюре экспериментально полученных скоростей принимать как границу ветровой тени, которая четко может быть зафиксирована (рис. 4). Под зоной комфортности понимается зона, в которой скорости ветрового потока не выходят за пределы, устанавливаемые специальными руководящими документами в зависимости от параметров окружающей среды и погодных условий. Предложенная методика использована для определения зоны комфортности за ветрозащитным экраном для зимнего периода в городе Владивостоке.

На основании полученных экспериментальных данных построены графики распределения скоростей воздушного потока в каждом сечении по высоте. На рис. 5а приведены графики скоростей для сечения, отстоящего от экрана на расстоянии, равном его двум высотам, при скорости набегающего потока на экран $V_{\infty} = 3,73$ м/с. Пунктирная линия 2 соответствует распределению скоростей потока за непроницаемой моделью, сплошная линия 1 — эпюра скоростей за проницаемым вет-

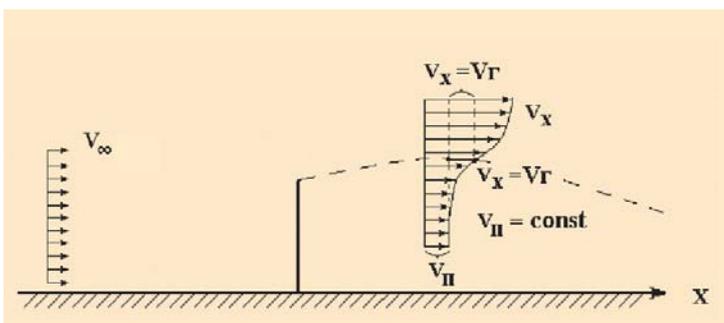


Рис. 4. К определению ветровой тени и зоны комфортности

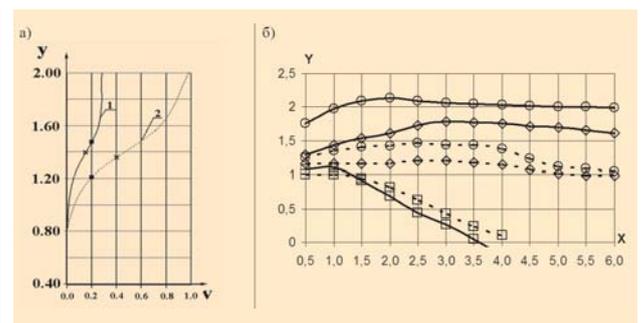


Рис. 5. Эпюра распределения скоростей в сечении и зона комфортности за проницаемым композитным экраном



Рис. 6. Картина поля скоростей в пространстве, защищенном проницаемым экраном

розащитным экраном. Крестик показывает верхнюю границу зоны ветровой тени, а точка отображает границу зоны комфортности.

Замеры поля скоростей и сформулированное понятие зоны комфортности позволяют построить границу этой зоны. На рис. 5б показаны границы зон комфортности для проницаемых (сплошные линии) и непроницаемых (пунктирные линии) экранов для $Fr=1,35$ (точки обозначены кругом), для $Fr=1,88$ (точки обозначены ромбом) и $Fr=3,51$ (точки обозначены квадратом).

Полученные картины визуализации (рис. 6) подтверждают резкий поворот потока вверх и формирование ветровой тени со значительно увеличенными вертикальным и горизонтальными размерами по сравнению с тенью от сплошной преграды. При моделировании картин визуализации скорости за моделями соответствовали натурным скоростям от 4 до 20 м/с. Ветровая тень в горизонтальном и вертикальном направлении за проницаемым ветрозащитным экраном имеет большую протяженность, чем за сплошным экраном. В вертикальном направлении зона комфортности за проницаемым экраном значительно превышает размеры соответствующей зоны за непроницаемым экраном. Зафиксированные с помощью шелковинок ветровые потоки

за экраном (рис. 7) свидетельствуют о превышении размеров зоны комфортности по высоте (1,5–2 раза) за проницаемым экраном по сравнению с непроницаемым. Еще большего увеличения размеров ветровой тени удастся получить за счет наклона экрана по направлению потока.

Согласно полученным экспериментальным зависимостям при высоте ветрозащитного экрана 10 м зона комфо-

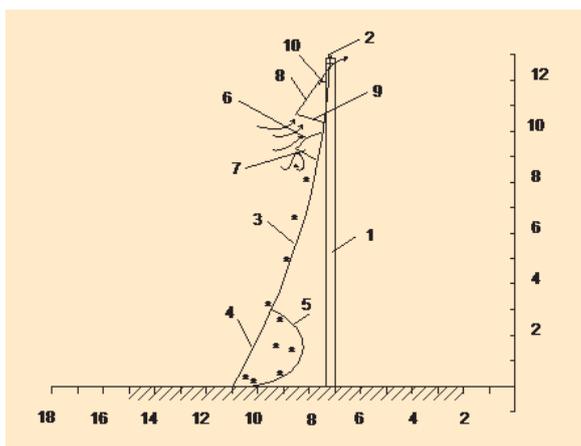


Рис. 8. Непроницаемый пыле-ветрозащитный экран: 1 — опора; 2 — соединительный трос; 3 — оболочка экрана; 4 — трос; 5 — оболочка накопителя пыли; 6 — пылеуловитель; 7 — распорки; 8 — лента ускорителя; 9, 10 — распорки

ртности, в которой скорость ветра не превышает 3,5 м/с, должна наблюдаться на протяжении 60 м по длине за укрытием и от 10 до 18 м по высоте при условии совпадения направления ветра с диаметральной плоскостью дока.

Конструкции пыле-ветрозащитных экранов

Наибольший эффект ветрогашения при закрытии угольного терминала обеспечивается установкой проницаемых укрытий как с наветренной, так и с подветренной стороны [2]. При этом экраны, устанавливаемые с подветренной стороны, должны выполнять роль пылезащитного ограждения. Как было показано выше, ветрозащитное ограждение обладает большой способностью

замедлять скорость ветра и тем самым предотвращать распыление угольной пыли. Поэтому установкой ветрозащитного ограждения на наветренной стороне обеспечивается эффективное замедление скорости ветра в пределах угольного склада.

Однако ветрозащитное ограждение, в связи с его характеристикой, не может полностью устранить ветер и рассеивание пыли. Поэтому для получения более высокого эффекта необходимо улавливать ее специальным ограждением на подветренной стороне [2]. Замедляя скорость ветра, устройство вызывает оседание угольной пыли.

Японские специалисты [2] рекомендуют в качестве пылезащитных ограждений использовать специальные перфорированные защитные щиты с коэффициентом защиты близким к 70%.

Авторами выполнен проект мягкооболочечных конструкций пылезащитных экранов, способных улавливать частицы угольной пыли. Исследовались непроницаемые, проницаемые и комбинированные конструкции. Непроницаемые экраны выполняются из тканей в виде сплошных полотнищ, закрепляемых на опорах. Проницаемые экраны имеют на поверхности экрана щелевые отверстия, пропускающие набегающий поток воздуха и изменяющие его направление. Комбинированные экраны состоят из двух видов полотнищ — проницаемых и непроницаемых. Необходимые соотношения площадей этих видов полотнищ в экране устанавливаются опытным путем или исходя из критериев эффективности ветрозащитных экранов.

Один из вариантов конструкции непроницаемого ветрозащитного экрана с пылеуловителем приведен на рис. 8. Экран предназначен, одновременно с ветрозащитой, обеспечивать улавливание и накопление пыли. Он содержит опоры 1, которые соединены между собой несущим тросом 2. К тросу 2 крепится кромка экрана — мягкая оболочка 3, при помощи вертикальных синтетических тросов 4, вплетенных в оболочку экрана 3. Тросы 4 закрепляются на грунте. Линия закрепления тросов 4 смещена от опор 1 в наветренную сторону на расстоянии, обеспечивающем оптимальный угол наклона экрана 3. В нижней части оболочка 3 имеет избыточную длину 5 и кромкой закрепляется на грунте по линии, совпадающей с линией крепления тросов 4. В результате при



Рис. 7. Картина линий тока за вертикально стоящим проницаемым экраном при скорости набегающего потока 3,73 м/с



ветровом напоре на нижней части экрана образуется накопительная ниша, где будет скапливаться пыль, принесенная ветром и сыпавшаяся с поверхности оболочки 3. Для повышения пылеулавливающего эффекта в верхней части экрана на оболочке 3 по всей длине закреплён мягкий козырёк — пылеуловитель 6, верхняя кромка которого удерживается в расправленном состоянии при помощи полужёстких распорок 7. Распорки выполнены из резинокордных трубок и равномерно раскрепляются по всей длине экрана. Выше пылеуловителя 6 по краю оболочки 3 установлен конусный воздухозаборник, который образуется при помощи ленты 8, закреплённой по всей длине экрана при помощи резинокордных трубок 9, 10, имеющих разную длину.

Ветровой поток набегает на экран и скользит по его поверхности. Вместе с потоком на экран попадают частицы пыли, которые задерживаются пылеуловителем 6, и в моменты безветрия сыплются по шторе 3, попадая в накопительную нишу 5. При обтекании экрана ветровой поток поступает в воздухозаборник, где его скорость на выходе увеличивается, и в результате над верхней кромкой экрана образуется струйная завеса — дополнительная преграда воздушному потоку и принесённой им пыли.

Проницаемые пыле-ветрозащитные экраны позволяют снижать ветровые нагрузки на опоры экрана, снижать вихреобразование потока при обтека-

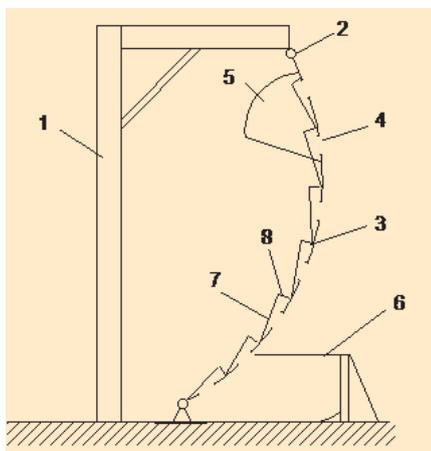


Рис. 9. Проницаемый пыле-ветрозащитный экран.
1 — опора; 2 — соединительный трос; 3 — оболочка экрана; 4 — щелевые отверстия; 5 — пылеуловитель; 6 — пыленакопитель; 7 — ленты; 8 — стойки.

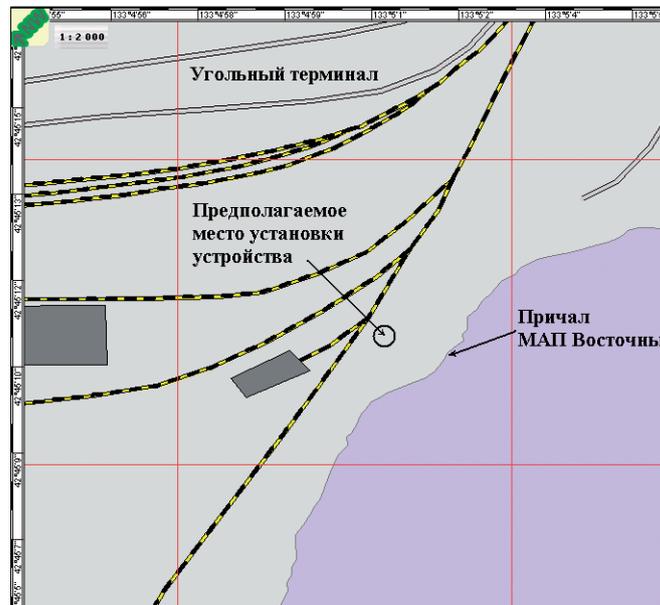


Рис. 10. Место привязки ветрозащитного устройства

нии экрана. Пример такой конструкции представлен на рис. 9. В состав экрана входит оболочка 3 со щелевыми отверстиями 4 по всей ширине экрана, пылеуловитель 5 и накопитель пыли 6. Каждое отверстие 4 закрыто мягкой лентой 7, удерживаемой под углом к оболочке 3 при помощи резинокордных стоек 8.

При обтекании экрана частицы пыли, попадающие на оболочку, проваливаются в отверстия 4 и падают в накопитель 6.

Проект ветрозащитного экрана причала порта Восточный

Результаты экспериментальных исследований и конструктивных проработок были использованы при проектировании ветрозащитного экрана в порту Восточный для защиты экологического причала Морской администрации порта от техногенного воздействия угольной пыли. Проектные работы были выполнены по заказу Морской администрации порта Восточный. Цель проекта — отработать конструк-

тивные решения, основанные на ветрогашении и пылеулавливании, для их последующего применения на угольном терминале.

Конструктивное решение основано на принципах снижения ветровой эрозии и пылеулавливания, так как известно, что величина частиц рассеиваемой угольной пыли пропорциональна скорости ветра, возведенной во вторую степень, а количество рассеивания пропорционально скорости ветра, возведенной приблизительно в четвертую степень. Поэтому путем подавления скорости ветра можно ограничить пылеобразование и значительно уменьшить количество рассеивания.

Основой конструктивных решений стали композитные мягкооболочные устройства. Ориентация экрана относительно сторон света выбрана в соответствии со среднегодовой розой ветров данной местности (рис. 10).

В предполагаемом месте установки ветрозащиты были взяты пробы грунта и произведен выбор и расчет вантовых и ферменных конструкций, необходимых для установки экрана в рабочее положение.

Проект выполнен для двух вариантов закрытий. Первый включает в себя полное укрытие причала на всем его протяжении, второй обеспечивает частичное закрытие экологического причала Администрации морского порта Восточный.

Разработан конструктивный ряд устройств, которые одновременно являются ветрозащитными экранами и уловителями угольной пыли.

Спроектировано закрытие для причала МАП Восточный, состоящее из металлических стоек и проницаемого композитного полотнища длиной 60 м и высотой 15 м (рис. 11).

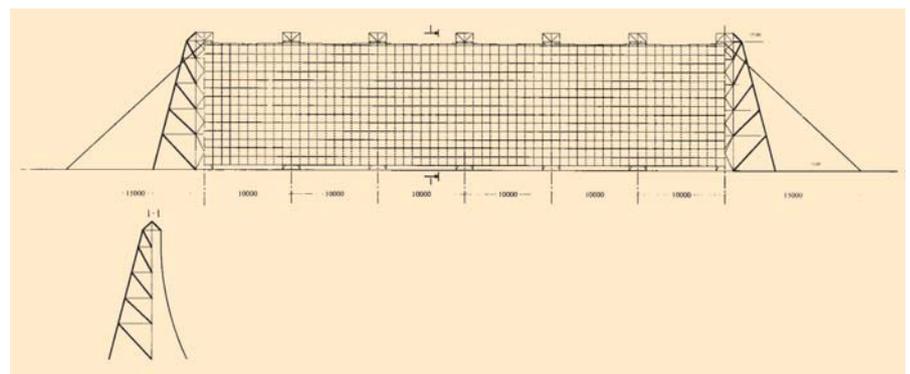


Рис. 11. Общий вид ветрозащитного закрытия причала

Для отработки конструктивных элементов полномасштабного укрытия спроектирован натурный макет экрана, устанавливаемый на двух железобетонных опорах. Длина макета 15 м, высота 6 м (рис. 12).

Выводы

Таким образом, накопленный опыт эксплуатации и проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Проницаемые композитные ветрозащитные экраны являются эффективными устройствами для защиты открытых угольных терминалов от ветра.
2. Полученные в результате экспериментальных исследований зависимости для границ ветровой тени и зон комфортности проницаемых ветрозащитных экранов позволяют осуществлять выбор конструктивных параметров экранов.
3. Универсальность мягкооболочечных конструкций позволяет построить эффективные ветро- и пылезащитные экраны для защиты открытых угольных терминалов портов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Снижение вредного воздействия процессов перегрузки навалочных грузов на

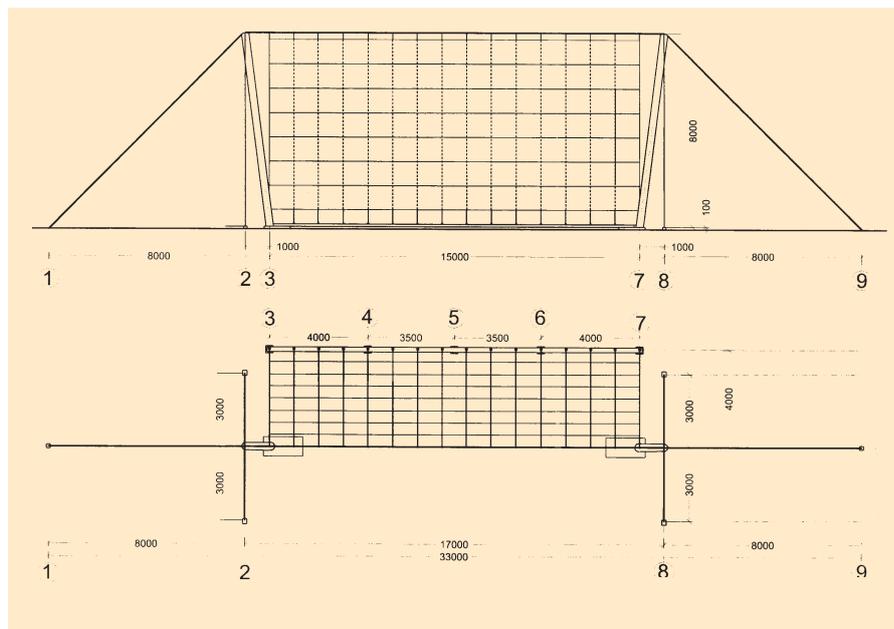


Рис. 12. Общий вид макета ветрозащитного устройства

окружающую среду. Отчет по НИР (заключит.) / Южный научно-исследовательский проектно-конструкторский институт морского флота. – Инв. № 627429. – Одесса, 1990. – 155 с.

2. Техническое предложение № 02-9-020 на поставку защитного ограждения для открытых складов угольного комплекса порта Вос-

точный. Марубени Корпорейшн, Ниппон Конвейер Ко. ЛТД, 1989.

3. А.с. 1595739 (СССР). Ветрозащитное закрытие торца дока/ Огай С.А., Малышкин В.В. – Оpubл. 1990.

4. Огай С.А. Ветрозащитные экраны плавучих доков и грузовых терминалов / Огай А.С. – М.: Транспортное дело России, 2005.

ПОДПИСКА НА 2007 ГОД

Стоимость подписки на год 1200 руб.

Название компании

ФИО директора

ФИО и должность контактного лица

Адрес доставки (фактический)

Тел./факс

Юридический адрес

КПП

Вид деятельности компании

Заполните купон и отправьте его в отдел подписки

по тел./факсу (812) 572-6314

E-mail: trfpodpiska@mail.ru; transportrf@mail.ru

