

Учитывая, что

$$A = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} M(\varphi) \times d\varphi$$

и что средняя мощность в данный момент времени $N = \frac{\Delta A}{\Delta t}$, можно осуществить предварительный выбор электродвигателя, используя управляющие моменты из статического расчета, а углы – из расчета математической модели в кинематике.

Список литературы:

- [1] Новожилов И.В., Зацепин М.Ф. Типовые расчеты по теоретической механике на базе ЭВМ. – М.: Высш. школа, 1986. -136 с.
- [2] Крылов А.В., Прокопенко Н.М., Тарнопольская Т.И. Постановка задачи об управляемости манипуляторов/ А.В. Крылов, Н.М. Прокопенко, Т.И. Тарнопольская// Материалы II Всероссийской студенческой научно-практической конференции «Инновационные тенденции строительства: теоретические и прикладные аспекты». – Н. Новгород: ООО «Стимул-СТ», 2014. – с. 18–22.
- [3] Корендяев А.И. Теоретические основы робототехники / А.И. Корендяев, Б.Л. Саламандра, Л.И. Тывес – М.: Наука, 2006. -383 с.

Д.Н. Костюничев
ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ ПРИ ХРАНЕНИИ НА ОТКРЫТЫХ СКЛАДАХ

Ключевые слова: порт, открытый склад, потери груза, сыпучий груз, пылеунос.

Статья посвящена обоснованию параметров портовых открытых складов с учетом экологических ограничений по запыленности воздуха и размеров потерь груза от пылеуноса.

Создание и эксплуатация любого технологического объекта, в том числе порта или грузового причала, предусматривает проведение оценки их воздействия на окружающую среду и развития объекта в пределах условного (оптимального) уровня загрязнения.

Опыт эксплуатации морских и речных портов показывает, как много возникает проблем, связанных с пылеобразованием и пылеуносом, при перегрузке навалом и хранении сыпучих грузов на открытых складах. На (рис. 1) представлены очаги пылеобразования грузового причала порта при перегрузке и хранении сыпучего груза.

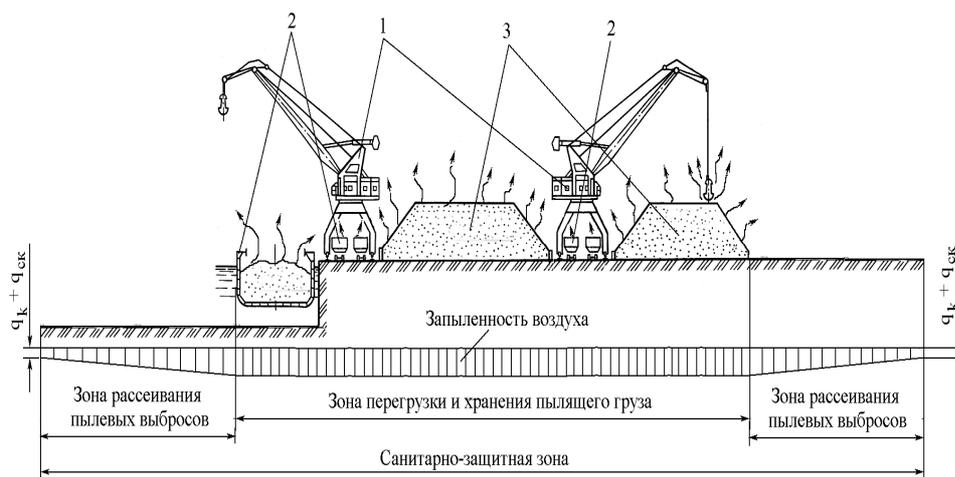


Рис. 1. Очаги пылеобразования грузового причала порта при перегрузке и хранении сыпучего груза: 1 – перегрузочное оборудование; 2 – транспортные средства; 3 – открытые склады

Величины запыленности и потерь груза при применении различных типов перегрузочного оборудования и открытом хранении сыпучих грузов представлены в (табл. 1).

Таблица 1

Величины запыленности воздуха и потерь груза при различных способах перегрузки и открытом хранении сыпучих грузов

Способ перегрузки и хранения	Запыленность воздуха, мг/м ³	Превышение предельно-допустимых концентраций, раз	Потери груза, %
Грейферными кранами и перегружателями	420...9000	70...1500	1...3
Конвейерными установками	до 2000	до 330	0,1...0,5
Пневустановками	150...2000	25...330	0,1...0,3
Открытый трюм судна	75...300	10...50	-
Полувагон	до 18000	до 3000	-
Открытые склады	до 500	до 90	1...7

Из данных (табл. 1) следует, что самую значимую долю в величину запыленности воздуха и размера потерь груза от пылеуноса вносят открытые портовые склады.

В настоящее время традиционно используемое понятие «экономическая эффективность» хозяйственного решения, основанное на критерии приведенных затрат, трансформировалось в понятие *эколого-экономическая эффективность*. Критерий эколого-экономической эффективности определяется отношением суммарного эколого-экономического эффекта к затратам живого и овеществленного труда и природы, тогда как критерий экономической эффективности общественного производства определяется отношением суммарного эффекта только к затратам живого и овеществленного труда [1, 2].

В предлагаемой методике обоснования параметров открытых складов для сыпучих грузов учитываются, как экологические требования, а именно соблюдение установленных предельно-допустимых концентраций (ПДК) пыли груза, хранящегося на

открытом складе, так и экономические затраты на потери сыпучих грузов в результате их пылеуноса при ветровом воздействии на штабель открытого склада.

Условие выполнения экологических ограничений по качеству воздушной среды для грузового причала порта, на котором перегружается и хранится сыпучий пылящий груз, можно представить в следующем виде

$$q_{ск.} \leq (ПДК - C_{\phi}) - (q_{пер.об.} + q_{тр.сп.}), \quad (1)$$

где $q_{ск.}$ – запыленность воздуха в результате пылеуноса груза при воздействии ветровых потоков на штабель открытого склада на границе санитарно-защитной зоны, мг/м³;

$ПДК$ – максимально-разовая предельно-допустимая концентрация пыли на границе санитарно-защитной зоны, мг/м³;

C_{ϕ} – фоновая концентрация пыли на границе санитарно-защитной зоны, мг/м³;

$q_{пер.об.}$ – запыленность воздуха на границе санитарно-защитной зоны при работе перегрузочного оборудования, мг/м³;

$q_{тр.сп.}$ – запыленность воздуха на границе санитарно-защитной зоны в результате пылеуноса груза при открытых трюмах судов и полувагонах, мг/м³.

Если условие (1) не выполняется, то необходимо:

1) исключить открытый склад из технологической схемы перегрузки сыпучего пылящего груза, перегружая его по прямому варианту;

2) применить закрытый склад;

3) уменьшить вместимость и линейные размеры открытого склада до значений, при которых величина запыленности позволит выполнить условие (1);

4) не изменяя вместимости и линейных размеров открытого склада, применить технические средства борьбы с пылеуносом, обеспечивающие снижение запыленности воздуха до значений, при которых будет выполняться условие (1);

5) уменьшить вместимость и линейные размеры открытого склада с применением технических средств борьбы с пылеуносом, что позволит выполнить условие (1).

Так как в задачи настоящих исследований входит только обоснование параметров открытых складов, то первые два варианта не рассматривались.

Спрогнозировать запыленность воздуха от пылеуноса груза при воздействии ветровых потоков на штабель открытого склада и соответствующие величины потерь от пылеуноса позволяет разработанный авторами метод оценки на моделях процессов пылеуноса и пылеобразования при перегрузке и хранении сыпучих грузов в портах [3, 4, 5]. На основе указанного метода оценки разработана методика обоснования параметров открытых складов для сыпучих грузов, которая включает в себя:

– анализ разрабатываемой технологии перегрузочного процесса и открытого способа хранения сыпучего материала;

– построение моделей открытых складов;

– построение физических моделей процессов пылеобразования и пылеуноса сыпучего груза при его хранении на открытых складах;

– модельные исследования процессов пылеобразования и пылеуноса с учетом реальных значений скоростей и направлений ветровых потоков, которые имеют место на территории порта или причала, где осуществляется хранение сыпучего груза;

– определение потерь сыпучих грузов и состояния воздушной среды (запыленности воздуха) по результатам модельных исследований для натурального открытого склада.

При анализе разрабатываемой технологии перегрузочного процесса и хранения сыпучего груза определяются:

– физико-механические и эксплуатационные характеристики с груза;

- величины грузооборотов по прибытию и отправлению, значения коэффициента прохождения груза через склад;
- тип перегрузочных машин, включенных в перегрузочную линию, их производительности и характеристики, тип грузозахватных устройств;
- функции открытых складов (оперативный или накопительный склад), предварительные вместимость и размеры (длина, ширина, высота) штабелей открытых складов по месяцам навигационного и межнавигационного периодов и форма поперечного сечения штабеля (призма, обелиск);
- величины преобладающих скоростей и направлений ветровых потоков по месяцам навигационного и межнавигационного периодов, где планируется расположить или располагается порт или грузовой причал.

Построение моделей открытых складов и модельные исследования процессов пылеобразования и пылеуноса осуществляется в следующей последовательности:

- сначала строится модель склада желаемой вместимости, определенной при анализе разрабатываемой технологии перегрузочного процесса и хранения сыпучего груза, и проводятся модельные исследования запыленности воздуха с целью определения выполнения условия (1);
- если для данной модели склада условие (1) не выполняется, то проводятся исследования по запыленности воздуха для данной модели с применением технических средств борьбы с пылеуносом или подбираются такие параметры модели открытого склада, при которых вышеуказанное условие выполняется. Далее определяется размер потерь от пылеуноса груза.

Потери груза $M_{ск}$ (т) в результате пылеуноса при их хранении на открытых складах следует определять по формуле:

$$M_{ск} = \sum_{i=1}^n M_{ск_i} \cdot S_{ск_i} \cdot t_{xp_i} + \sum_{g=1}^{12-n} M_{ск_g} \cdot S_{ск_g} \cdot t_{xp_g} \quad (2)$$

- где $M_{ск_i}$ – количество груза, унесенного с одного квадратного метра поверхности штабеля за i -й месяц навигационного периода ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), т/м²сут;
- $S_{ск_i}$ – площадь поверхности штабеля склада в i -ый месяц навигационного периода, м²;
- t_{xp_i}, t_{xp_g} – время хранения груза на складе соответственно в i -тый месяц навигационного и g -й месяц межнавигационного периодов, сут;
- $M_{ск_g}$ – количество груза, унесенного с одного квадратного метра поверхности штабеля за g -й месяц межнавигационного периода ($g = 1, 2, 3, \dots, 12-n$), т/м²сут.

Площадь поверхности штабеля натурального открытого склада будет зависеть от количества груза, находящегося на складе. При этом очень важно знать какую функцию выполняет склад в порту или причале.

Для определения функции склада необходимо знать соотношение количества $G_{ск.м_i}^3$ (т) завозимого груза на склад и количества $G_{ск.м_i}^6$ (т) вывозимого груза со склада по месяцам, то есть

$$G_{ск.м_i}^3 \leq G_{ск.м_i}^6 \quad (3)$$

$$G_{ск.м_i}^3 > G_{ск.м_i}^6 \quad (4)$$

Если выполняется условие (3), то склад выполняет оперативную функцию (оперативный склад) и служит только для исключения простоя различных видов транспортных средств из-за несоответствия поступления их в порт.

При выполнении условия (4) склад будет выполнять как оперативную, так и накопительную функцию (накопительный склад).

Определение площади поверхности штабеля оперативного склада.

Схема формирования штабеля оперативного склада представлена на рис. 2.

Количество $G_{ск.м_i}^3$ (т) груза, завезенное на склад в i -ый месяц навигационного периода, определяется по формуле:

$$G_{ск.м_i}^3 = \frac{30 \cdot \alpha \cdot Q_{н.п.}}{T_n}, \quad (5)$$

где α – коэффициент прохождения груза через склад;

$Q_{н.п.}$ – навигационный грузооборот, т;

T_n – продолжительность навигационного периода, сут.

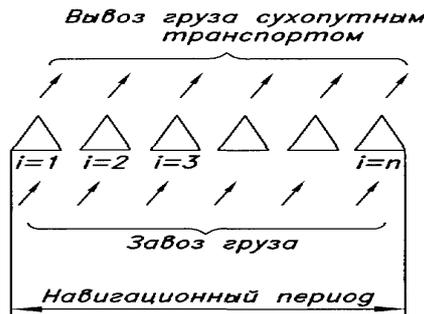


Рис. 2. Схема формирования штабеля оперативного склада

Согласно выражению (5) количество $G_{ск.м_i}^6$ груза, вывозимое с оперативного склада в i -й месяц навигационного периода, равно $G_{ск.м_i}^3$.

Очевидно, что количество груза на оперативном складе в течение месяца будет изменяться от 0 до $G_{ск.м_i}^3$. Поэтому при определении потерь груза в результате пылеуноса из штабеля склада принимаем среднюю величину $G_{ск.м_i}$ количества груза на складе в i -й месяц навигационного периода, то есть

$$G_{ск.м_i} = 0,5 \cdot G_{ск.м_i}^3; \quad (6)$$

Кроме этого, считаем, что количество груза на оперативном складе по месяцам навигационного периода будут равны между собой:

$$G_{ск.м_1} = G_{ск.м_2} = G_{ск.м_3} = \dots = G_{ск.м_n} \quad (7)$$

Зная количество груза, находящееся на оперативном складе по месяцам, определяются геометрические характеристики штабеля открытого склада с учетом технических характеристик перегрузочных машин (величина максимального вылета крана или отвалообразователя и т.д.) и характеристик причала (длина, ширина, допустимая нагрузка на 1 м² площади).

Определение площади поверхности штабеля накопительного открытого склада.

Накопительные склады могут формироваться при освоении портом или причалом грузооборотов по прибытию или по отправлению грузов.

Под грузооборотом по прибытию понимается количество груза в тоннах, поступающее в порт или на причал в судах, а под грузооборотом по отправлению – количе-

ство груза в тоннах, отправленное портом или причалом в судах.

На рис. 3 представлена схема формирования накопительного склада при освоении грузооборота по прибытию.

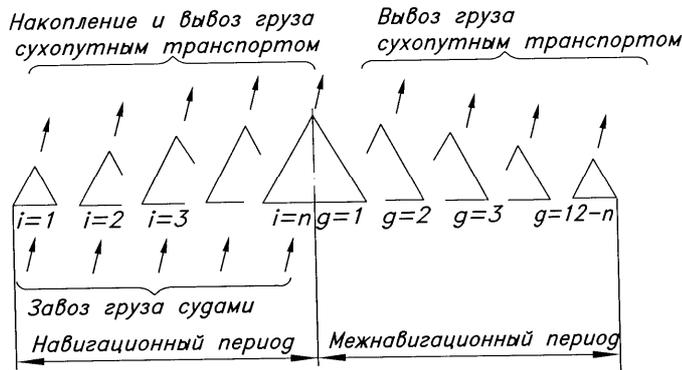


Рис. 3. Схема формирования накопительного склада при освоении грузопотока по прибытию

При освоении грузопотока $Q_{н.п.}^{np}$ по прибытию количество $G_{ск.м_i}$ (т) груза на накопительном складе в i -й месяц навигационного периода, определяется по формуле

$$G_{ск.м_i} = i \cdot Q_{н.п.}^{np} \cdot \left(\frac{365 - T_n}{12 \cdot T_n} \right) \quad (8)$$

Количество $G_{ск.м_g}$ (т) груза на накопительном складе в g -й месяц межнавигационного периода определяется по формуле

$$G_{ск.м_g} = n \cdot Q_{н.п.}^{np} \cdot \left(\frac{365 - T_n}{12 \cdot T_n} \right) - \frac{g \cdot Q_{н.п.}^{np}}{12}, \quad (9)$$

где g – порядковый номер месяца межнавигационного периода, $g = 1, 2, 3, \dots, (12-n)$.

На рис. 4 представлена схема формирования накопительного склада при освоении грузопотока по отправлению.

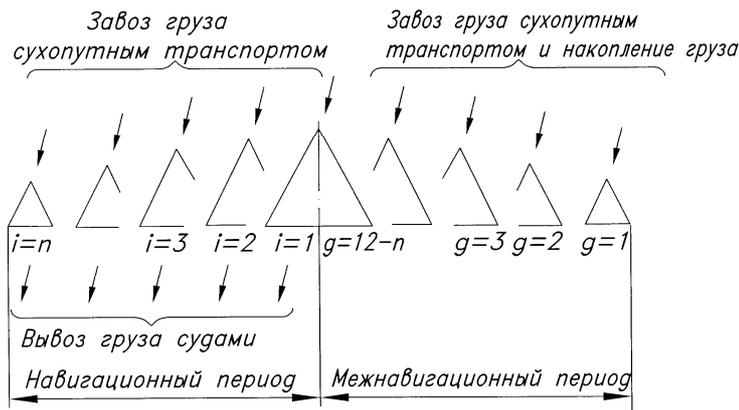


Рис. 4. Схема формирования накопительного склада при освоении грузопотока по отправлению

При освоении грузопотока $Q_{н.п.}^{om}$ по отправлению количество $G_{ск..M_g}$ (т) груза на накопительном складе в g -й месяц межнавигационного периода, определяется по формуле

$$G_{ск..M_g} = g \cdot Q_{н.п.}^{om} \cdot \left(\frac{365 - T_n}{12 \cdot T_n} \right) \quad (10)$$

Количество $G_{ск..M_i}$ (т) груза на накопительном складе в i -ый месяц навигационного периода определяется по формуле

$$G_{ск..M_i} = g \cdot Q_{н.п.}^{om} \cdot \left(\frac{365 - T_n}{12 \cdot T_n} \right) - \frac{n \cdot Q_{н.п.}^{om}}{12}, \quad (11)$$

где i – порядковый номер месяца навигационного периода, $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

Зная количество груза, находящегося на накопительном складе по месяцам, определяются геометрические параметры штабеля открытого склада с учетом технических характеристик перегрузочных машин и характеристик причала.

Величины $M_{ск_i}$, $M_{ск_g}$ определяются по результатам модельных исследований, для натуральных открытых складов из выражений

$$M_{ск_i} = M_{ск_i}^M \cdot k_\ell^2; \quad M_{ск_g} = M_{ск_g}^M \cdot k_\ell^2 \quad (12)$$

где k_ℓ – линейный масштабный коэффициент, (величина этого коэффициента, как показали исследования, не должна превышать $k_\ell \leq 100$) [3].

Необходимо отметить, что применение технических средств борьбы с пылью позволяет не только снижать запыленность воздуха, но и уменьшать размер потерь сыпучего груза как при его хранении на открытом складе, так и при работе перегрузочного оборудования при формировании склада и выдаче со склада груза.

Список литературы:

- [1] Аксенов И.Я. Транспорт и охрана окружающей среды / И.Я. Аксенов, В.И. Аксенов. – М.: Транспорт, 1986. – 175 с.
- [2] Зубрева Н.И. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте / Н. И. Зубрева [и др.]. – М.: УМК МПС России, 1999. – 592 с. – ISBN 5-89035-020-X.
- [3] Отделкин Н.С. Определение потерь и отрицательного воздействия на окружающую среду в результате пылеуноса при хранении навалочных грузов на открытых складах / Н.С. Отделкин, Д.Н. Костюничев. – Материалы Международной научно-технической конференции «Транспортные и технологические машины». – НГТУ, Н. Новгород, 2004, С. 128–132.
- [4] Отделкин Н.С. Эколого-экономическое обоснование параметров открытых складов навалочных грузов путем прогнозирования процесса пылеуноса. / Н.С. Отделкин, Д.Н. Костюничев. – «Экологические системы и приборы», №1, 2005, С. 30–33 .
- [5] Отделкин Н.С. Анализ современных методов нормирования потерь пылящих грузов при их перегрузке и хранении / Н.С. Отделкин, Д.Н. Костюничев. Тез. докладов научно-технической конференции «Транспорт – XXI век». Н.Новгород, 2003, С. 90–91.