

УДК 621.875.5

## **Безопасность производства перегрузочных работ кранами в морских портах при повышенных ветровых нагрузках**

**Н.Е. Подобед, В.А. Подобед**

*Судоводительский факультет МА МГТУ, кафедра управления судном и промышленного рыболовства*

**Аннотация.** В статье приводятся основные результаты исследования воздействия ветровых нагрузок на порталные краны при проведении погрузочно-разгрузочных работ в морских портах. Приведены основные показатели, определяющие безопасность производства грузовых работ. С помощью численного моделирования получены допустимые скорости ветра для рабочего состояния порталных кранов, обеспечивающие безопасность перегрузочных работ.

**Abstract.** The paper presents main results of research on the effects of wind loads on the gantry cranes during loading and unloading operations in seaports. The main indicators determining the safety of loading operations have been given. Permissible wind speeds for the operational status of gantry cranes securing safety of loading operations have been obtained with the help of numerical simulation.

**Ключевые слова:** портовые краны, морские порты, безопасность, грузовые работы, ветровые нагрузки  
**Key words:** port cranes, seaports, safety, loading, wind loading

### **1. Введение**

Работа порталных кранов в условиях ветра определяется следующими основными показателями: максимальными эксплуатационными нагрузками на механизмы поворота и вылета стрелы крана, эквивалентными нагрузками на электропривод этих же механизмов, определяющими нагрев электродвигателей, углами раскачивания груза, управляемостью крана, которая характеризуется временем переходных процессов механизмов и грузовой устойчивостью крана. Допустимые ветровые нагрузки для рабочего состояния порталных кранов определяются из условий, при которых значения основных показателей не превышают эксплуатационных характеристик кранов. Основные показатели работы кранов определяются с помощью численных методов решения дифференциальных уравнений, моделирующих работу порталных кранов при воздействии ветра (Подобед, 2006; 2007).

### **2. Основные показатели, определяющие безопасность производства перегрузочных работ кранами**

Как показали выполненные исследования, основными показателями, определяющими безопасность производства перегрузочных работ кранами, являются нагрев электродвигателей механизма поворота крана, управляемость механизма изменения вылета стрелы и парусность грузов, которая определяется отношением наветренной площади груза к его весу. Перегрев электродвигателей механизма поворота крана объясняется большим моментом от сил ветра на поворотную часть крана, который пропорционален вылету стрелы. При максимальных скоростях ветра для рабочего состояния крана происходит частое срабатывание тепловой защиты электродвигателей механизма поворота.

В табл. 1 приведены коэффициенты парусности наиболее распространенных перегружаемых грузов в морских портах.

По условиям нагрева электродвигателей механизмов порталных кранов при паспортных значениях продолжительности включения механизмов допустимая средняя скорость ветра с учетом возможных пульсаций для рабочего состояния порталных кранов с шарнирно-сочлененной укосиной на грузах с  $K_F \leq 1,0$  составляет 18 м/с, а для порталных кранов с прямой стрелой – 15 м/с.

При исследуемых характерных циклах работы кранов, параметрах ветрового потока и груза время переходных процессов механизмов изменяется в допустимых пределах. Установлено, что время переходных процессов зависит от направления и величины средней скорости ветра, динамических характеристик крана и практически мало зависит от порывистости ветра и парусности грузов. Для характерных циклов применительно к рассматриваемым типам кранов, допустимая скорость ветра рабочего состояния по условию управляемости составляет 20 м/с с порывами до 25 м/с. При возможном сочетании нагрузок на механизмы кранов при их работе в наихудших условиях допустимая средняя скорость ветра для порталных кранов с шарнирно-сочлененной укосиной составляет 18 м/с с порывами до 22 м/с, а для порталных кранов с прямой стрелой соответственно 15 м/с с порывами до 18 м/с. При

этом время переходных процессов механизмов вылета составляет 4-6 с, а поворота на вылете 22-25 м составляет 10-15 с.

Таблица 1. Коэффициенты парусности наиболее распространенных в морских портах грузов

Наименование груза	Вес подъема, т	Наветренная площадь, м <sup>2</sup>	Коэффициент парусности, $K_F$ , м <sup>2</sup> /т
Листовой металл в пачках	5,0	0,81-1,2	0,20-0,24
Сталь в пачках	3,0-5,0	0,8-1,2	0,30-0,24
Контейнер типа КШМК-5	5,0	1,6	0,32
Никель в контейнерах	5,0	2,0	0,40
Чугун в чушках	5,0	2,0	0,40
Сталь котельная в пачках	5,0	1,5-2,5	0,30-0,50
Навалочные грузы при переработке грейфером	5,0-10,0	2,5-5,0	0,50
Проволока катанка, стальная лента в бухтах	5,0	2,5	0,50
Руда в контейнерах	5,0	2,5	0,50
Контейнеры типа МПС груженные	5,0	3,0	0,60
Контейнеры типа IC груженные	20,0	15,0	0,75
Контейнеры типа МПС груженные	2,5	2,4	0,96
Контейнеры типа IA груженные	30,0	30,0	1,00
Траки в пакетах	1,5	1,5	1,00
Мука в мешках в стропконтейнерах	3,4	3,6	1,05
Фрукты и цитрусовые в ящиках	2,8-5,0	3,0-5,5	1,07-1,10
Кабельные барабаны	5,0	6,0	1,20
Мешковый и киповый груз в стропконтейнерах	1,0-1,5	1,3-1,5	1,30-1,50
Сахар-сырец в мешках	1,2-1,8	1,7-2,5	1,40
Контейнеры универсальные	3,0	6,2	2,10
Контейнеры типа МПС порожние	0,8	2,4	3,00
Пакеты с чаем в ящиках	0,7	2,2	3,15
Трубы большого диаметра	4,8	11,0	3,50
Автобусы типа ЛАЗ	8,5	31,5	3,80
Автобус типа ЗИЛ	6,5	27,0	4,20
Контейнеры типа МПС порожние	0,7	3,0	4,30
Автобусы типа ПАЗ	4,5	21,0	4,70
Контейнеры типа IC порожние	2,2	15,0	6,80
Контейнеры типа IA порожние	4,0	30,0	7,50
Легковые автомобили	0,7-1,5	5,0-7,8	7,0-5,2

Максимальные углы раскачивания груза существенно зависят от парусности грузов и мало зависят от веса груза (различие составляет до 10 %). Влияние ветра при исследуемых его параметрах на максимальные углы раскачивания груза в пространстве с коэффициентом парусности менее  $K_F \leq 0,5$  незначительно, для грузов с  $0,5 \leq K_F \leq 1,0$  общее влияние ветра составляет в среднем 25 %, для грузов с  $1,0 \leq K_F \leq 1,5$  соответственно 30-40 % и для грузов с  $1,5 \leq K_F \leq 2,0$  – 40-70 %. Таким образом, по условиям влияния ветра на раскачивание груза, полагая, что увеличение углов раскачивания на 25 % погасится за счет дополнительных управлений (при нормальной управляемости крана) со стороны оператора, можно считать допустимой работу кранов при средней скорости ветра 20 м/с с порывами до 28 м/с на грузах, имеющих коэффициент парусности  $K_F \leq 1,0$ , а при ветре 18 м/с с порывами до 26 м/с на грузах с  $1,0 \leq K_F \leq 1,5$  и 15 м/с с порывами до 22 м/с на грузах с  $1,5 \leq K_F \leq 2,0$ .

При паспортных значениях скоростей ветра 18 м/с для рабочего состояния порталных кранов типа Альбрехт, Альбатрос, Сокол и Кондор с ограничениями, накладываемыми на вылет стрелы кранов до 20-22 м, предельная величина коэффициента парусности грузов не должна превышать значения  $K_F = 1,5$ , а для порталных кранов типа Кировец при паспортных значениях скорости ветра 20 м/с и порталных кранов типа Ганц и Форель – 18 м/с, коэффициент парусности не должен превышать значения  $K_F = 1,0$ .

В табл. 2 приведены допустимые скорости ветра для рабочего состояния наиболее распространенных в морских портах порталных кранов различных фирм и заводов-изготовителей по

условиям обеспечения безопасности производства погрузочно-разгрузочных работ.

Таблица 2. Допустимые скорости ветра для рабочего состояния порталных кранов в зависимости от геометрических параметров циклов работы и коэффициента парусности

Портальные краны	Работа кранов с ограничениями на вылет стрелы $\rho = 20-22$ м и поворот крана $\varphi = 130-140^\circ$ в зависимости от $K_F$		Работа кранов без ограничения на $\rho$ и $\varphi$ в зависимости от $K_F$	
	Альбрехт	$K_F \leq 0,5$	20 м/с с порывами до 25 м/с	$0,5 < K_F \leq 1,0$
$0,5 < K_F \leq 1,0$		18 м/с с порывами до 22 м/с	$1,0 < K_F \leq 2,0$	15 м/с с порывами до 18 м/с
$1,0 < K_F \leq 2,0$		15 м/с с порывами до 18 м/с		
Кировец	$K_F \leq 0,5$	20 м/с с порывами до 25 м/с	$0,5 < K_F \leq 1,0$	18 м/с с порывами до 22 м/с
	$0,5 < K_F \leq 1,0$	18 м/с с порывами до 22 м/с		
	$1,0 < K_F \leq 1,5$	15 м/с с порывами до 18 м/с	$1,0 < K_F \leq 1,5$	15 м/с с порывами до 18 м/с
	$1,5 < K_F \leq 2,0$	до 15 м/с	$1,5 < K_F \leq 2,0$	до 15 м/с
Сокол Альбатрос Кондор	$K_F \leq 0,5$	20 м/с с порывами до 25 м/с	$0,5 < K_F < 1,0$	18 м/с с порывами до 22 м/с
	$0,5 < K_F \leq 1,0$	18 м/с с порывами до 22 м/с		
	$1,0 < K_F \leq 1,5$	15 м/с с порывами до 18 м/с	$1,0 < K_F < 1,5$	15 м/с с порывами до 18 м/с
	$1,5 < K_F \leq 2,0$	до 15 м/с	$1,5 < K_F < 2,0$	до 15 м/с
Ганц	$K_F \leq 0,5$	18 м/с с порывами до 20 м/с	$0,5 < K_F < 1,0$	15 м/с с порывами до 18 м/с
	$0,5 < K_F \leq 1,0$	15 м/с с порывами до 18 м/с		
	$1,0 < K_F \leq 2,0$	до 15 м/с	$1,0 < K_F < 2,0$	до 15 м/с
Форель	$0,5 < K_F \leq 1,0$	15 м/с с порывами до 18 м/с	$0,5 < K_F < 1,0$	до 15 м/с

### 3. Заключение

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования (Подобед, 2006; 2007; 2009а; 2009б) позволяют сделать вывод, что допустимые ветровые нагрузки для обеспечения безопасного производства перегрузочных работ кранами в морских портах должны устанавливаться дифференцированно в зависимости от типа крана, технологических схем перегрузочных работ, массы груза и его наветренной площади (коэффициента парусности грузов).

### Литература

- Подобед В.А.** Повышение эффективности использования портовых кранов при ветровых нагрузках. Дис. ... д-ра техн. наук, М., МГАФТ, 357 с., 2007.
- Подобед В.А.** Работа портовых кранов при ветровых нагрузках. *Морской флот*, № 6, с.68-70, 2006.
- Подобед Н.Е.** Математическое моделирование работы механизмов передвижения грузоподъемных кранов при ветре. *Морской сборник*, № 11, с.71-72, 2009б.
- Подобед Н.Е.** Моделирование работы портовых стреловых кранов при ветровых нагрузках. *Бюллетень транспортной информации*, № 9(171), с.37-38, 2009а.