

# Критерии защиты стреловых кранов с телескопической стрелой от перегрузки

Стреловые краны с телескопической стрелой по определению должны иметь достаточно надежные конструкции. Риски отказов этих конструкций не должны превышать допустимые значения [1,2]. Стреловые краны, кроме того, являются свободностоящими сооружениями, характерной особенностью которых является их способность при определенных условиях опрокидываться. Риск отказа, связанного с этим явлением также не должен превышать допустимого значения [1,2]. Помимо расчетного обеспечения надежности по прочности и устойчивости в эксплуатации должна обеспечиваться защита от перегрузки по массе поднимаемого груза и по опрокидывающему моменту. В соответствии с правилами ПБ 10-382 [3] стреловые краны должны быть оборудованы ограничителем грузоподъемности (грузового момента), автоматически отключающим механизмы подъема груза и изменения вылета в случае подъема груза, масса которого превышает грузоподъемность для данного вылета более чем на 10%.

Изготовители стреловых кранов с телескопической стрелой и приборов безопасности выполняют эти требования пунктуально. Между

С помощью тензометра 3 или датчика давления жидкости измеряют усилие в цилиндре 2. Усилие в цилиндре  $S_{ц}(Q)$ , пропорциональное нагрузке на крюке, определяют косвенным путем, исходя из элементарных соображений механики по следующей формуле (1)

$$S_{ц}(Q) = \frac{M_0 - M_G}{h} = S_{ц0} - S_{цG}, \quad (1)$$

где  $M_0$  суммарный момент от веса груза и стрелы относительно точки А,  $M_G$  момент веса стрелы относительно точки А,  $h$  плечо усилия, действующего в цилиндре относительно моментной точки А,  $S_{ц0}$  суммарное усилие в цилиндре,  $S_{цG}$  усилие в цилиндре, пропорциональное весу стрелы. Относительную точность определения таким образом веса груза можно вычислить по формуле (2)

$$\delta_{сп} = \frac{\delta_0}{1 - \frac{M_G}{M_0}}, \quad (2)$$

где  $\delta_0$  относительная погрешность измерения усилия в стреле. Как видно, точность измерения груза зависит от точности измерения суммарного усилия и значения разности  $M_0$  и  $M_G$ . При этом принимается, что погрешность определения веса стрелы отсутствует, в рассматриваемой схеме измерения вес стрелы, координата центра масс и значения  $h$  должны быть известны. Из формулы (2) видно, что при подъеме

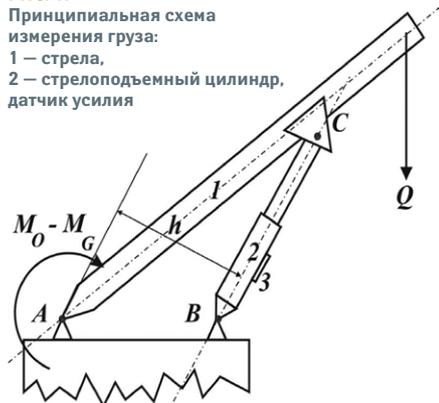
ответственно увеличивается относительная погрешность измерения груза. При сближении значений  $M_G$  и  $M_0$  знаменатель в (2) уменьшается и относительная погрешность  $\delta_{сп}$  увеличивается, стремясь в пределе к бесконечности.

В табл. 1 и на рис. 1 приведены ожидаемые значения относительной погрешности измерения нагрузки на крюке в зависимости от отношения  $M_G/M_0$  и относительной погрешности  $\delta_0$ .

Для того, чтобы обеспечить ограничение нагрузки на крюке в требуемых значениях относительная погрешность определения нагрузки должна быть примерно равна 5%. Как видно из табл. 1, при достигаемых в настоящее время относительных погрешностях измерения усилий в стреле крана ( $\delta_0 = 0,02 \dots 0,03$ ) надежное ограничение нагрузки можно ожидать лишь в пределах 60–70% диапазона изменения вылетов. Для расширения диапазона надежной защиты от перегрузки конструкторы ограничителей вынуждены повышать относительную точность измерения усилий, что приводит к удорожанию средств защиты.

Здесь уместно отметить, что точность измерительной аппаратуры не может возрастать неограниченно. Более того, можно полагать, что ресурсы

РИС. 1. Принципиальная схема измерения груза: 1 — стрела, 2 — стрелоподъемный цилиндр, датчик усилия



тем, принимаемые схемы измерения веса поднимаемого груза обычно не позволяют решить удовлетворительно все проблемы защиты с требуемой точностью.

Наиболее распространенная принципиальная схема измерения нагрузки на крюке стрелового крана с телескопической стрелой показана на рис. 1.

груза на малых вылетах, когда момент от веса стрелы мал по сравнению с моментом от веса груза, относительная точность оценки веса груза близка к относительной точности измерения усилия в стреле. По мере увеличения вылета вклад веса стрелы в значение  $M_0$  увеличивается, тогда как вклад веса груза в значение  $M_0$  уменьшается. Со-

повышения точности измерительной аппаратуры в настоящее время близки к исчерпанию. Кроме того, следует иметь в виду, что в рассматриваемых схемах измерения роль «весов» в процессе взвешивания груза выполняет сам кран, свойства которого (трение в шарнирах, поступательных парах цилиндров и т. п.) также вносят свой

ТАБЛ. 1.

$M_G/M_0$	Относительная погрешность $\delta_{сп}$ измерения нагрузки на крюке при значениях относительной погрешности $\delta_0$ усилий в гидроцилиндре				
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
0,30					0,071
0,40			0,05	0,067	0,083
0,50ц		0,04	0,06	0,08	0,1
0,60		0,05	0,075	0,1	0,125
0,70		0,06	0,10	0,13	0,167
0,80	0,05	0,1	0,15	0,2	0,250
0,90	0,1	0,2	0,3	0,4	0,500
0,95	0,2	0,4	0,6	0,8	1
0,98	0,5	1,0	-		

ТАБЛИЦА 2. ГРУЗОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРАНА КС-59713 (Т)

	7,20	9,85	12,50	16,40	20,30	24,20	26,50	27,95
2,5	32							
3,0	28,9	27,90	26,60	16,00				
4,0	22,3	24,10	23,00	16,00	15,50			
4,5	18,5	22,00	21,00	16,00	15,50	11,50		
5,0		20,20	19,70	16,00	15,50	11,50	10,20	
6,0		16,80	15,20	14,70	13,90	11,50	10,20	8,20
7,0		12,70	11,60	11,30	10,80	10,40	9,70	7,90
8,0			9,00	8,90	8,60	8,20	8,10	7,60
9,0			7,40	7,40	7,20	7,00	6,90	6,70
10,0				6,20	6,10	6,00	5,80	5,80
12,0				4,70	4,60	4,50	4,50	4,50
14,0					3,60	3,60	3,60	3,50
16,0					2,90	2,90	2,90	2,90
18,0						2,40	2,40	2,30
20,0						2,00	2,00	2,00
22,0							1,70	1,68
24,0								1,40

вклад в погрешность измерения  $S_{u_0}$ . Систематического изучения суммарной погрешности измерения усилия в стреле до сих пор не проводили. В работе [4] сообщается, что суммарная погрешность при измерениях усилий в телескопических стрелах кранов фирмы Liebherr составляла 0,01...0,02. Эти

цифры были приняты, как наилучшие, при вычислении данных, приведенных в табл.1.

Стреловые краны обладают особенностью, заключающейся в том, что при сравнительно небольших вылетах несущая способность крана определяется исключительно прочностью, по мере

увеличения вылета фактор устойчивости в несущей способности крана также увеличивается. Это подтверждается, например, данными табл. 2, в которой приведена типичная совокупность грузовых характеристик современного стрелового крана с телескопической стрелой.

Анализ этих и других аналогичных сведений показывает, что при значениях вылета больше  $L=(0,2...0,5)L_{max}$  несущая способность крана, как правило, определяется исключительно устойчивостью (данные табл. 2 ниже красной линии). Очевидно, в этих условиях определение веса груза и осуществление защиты от перегрузки по весу груза не целесообразно. Технически легче и точнее в рассматриваемых условиях обеспечить защиту от перегрузки по устойчивости. При этом отпадают многие трудности, связанные с вычленением веса груза. Области вылетов, когда необходимо ограничивать перегрузку по весу поднимаемого груза или по опрокидывающему моменту надежно устанавливаются при проектировании крана.

Учитывая изложенное, необходимо уточнить требование статьи 2.12.7, цитированное в начале настоящей статьи, следующим образом: «Стреловые краны должны быть оборудова-

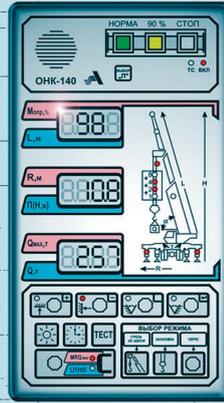


## Научно-производственное предприятие по электро- и гидрооборудованию строительно-дорожных машин и кранов

# ООО НПП «ЗГО»

### Системы защиты, приборы и устройства безопасности подъемных сооружений

Проектирование, монтаж, ремонт, пусконаладочные работы,  
обучение специалистов

- [ Стреловые краны
- [ Краны мостового типа
- [ Башенные краны
- [ Краны-трубоукладчики
- [ Краны-манипуляторы
- [ Подъемники (вышки)



125430, г. Москва, Пятницкое шоссе, д. 23, корп. 2

Тел/факс +7 (495) 759 66 13, +7 (495) 265 01 38, <http://www.nppgo.com>, E-mail: [nppgo@nppgo.com](mailto:nppgo@nppgo.com)

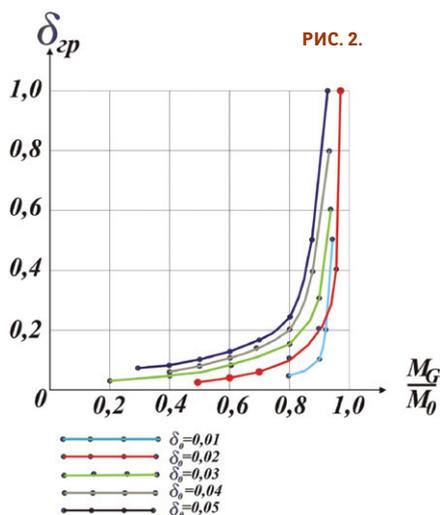


РИС. 2.

ны ограничителем грузоподъемности (грузового момента), автоматически отключающим механизмы подъема груза и изменения вылета в случае подъема груза, масса которого превышает грузоподъемность для данного вылета более чем на 10%. В случаях, когда безопасность (несущая способность) крана полностью определяется устойчивостью, допускается определение опрокидывающего момента с учетом образования его весом частей крана (стрелой). Ограничитель должен автоматически отключать механизмы подъема груза и изменения вылета, если опрокидывающий момент превышает расчетное значение на 5%.

Необходимо отметить, что вес поднимаемого груза должен определяться во всем диапазоне вылетов, т.к. это необходимо для оценки характеристического числа, по значению которого опреде-

ляется наработка крана. Увеличение погрешности в определении груза при больших вылетах существенно значения характеристического числа не искажает, что было показано в работе [4].

### ВЫВОДЫ

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, ПБ 10-382-00 требуют, чтобы механизмы подъема груза и стрелы автоматически отключались в случае подъема груза, масса которого превышает грузоподъемность для данного вылета более чем на 10%.

2. Это требование приводит к необходимости вводить функцию определения массы груза в ограничителях грузоподъемности, что сложно осуществить с требуемой точностью при больших вылетах.

3. Решение проблемы за счет усложнения и удорожания конструкции ограничителя нецелесообразно.

4. На больших вылетах безопасность крана с телескопической стрелой целесообразнее осуществлять защиту не по весу груза, а по создаваемому им и весом стрелы опрокидывающему моменту.

### ЦИТИРОВАННЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ, ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Проект Федерального закона «О специальном техническом регламенте «О безопасности подъемно-транспортного оборудования и процессов его эксплуатации».

2. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ «О техническом регули-

ровании» (ред. от 09.05.2005г.) — принят ГД ФС РФ 15.12.2002г., «Российская газета» от 13.05.2005г.

3. «Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов ПБ 10-382-00» — М., ПИО «ОБТ», 2000г., 268с.

4. R.Becker. The great book of mobile and crawler cranes. Vol.1 — Handbook of mobile and crawler crane technology.- Griesheim, Germany, KM Verlags GmbH, ISBN 3-934518-00-2, 2001.-404p.

5. А. А.Зарецкий, Л.С.Каминский, И.Г.Фёдоров. Оценка погрешности вычисления наработки грузоподъемного крана// Сборник информационных сообщений научно-практической конференции «Наука и техника будущего» в рамках 3-ей международной специализированной выставки оборудования и приводов для перемещения грузов, изделий и компонентов в машиностроении, энергетике и строительстве «Перемещение грузов. Приводы», г.Санкт-Петербург, 27-28 марта 2002 года. Санкт-Петербург, Культурно-выставочный центр «Евразия», 2002г. — С.21-24.

**Гудков Ю.И.,**  
**к.т.н., профессор**  
**Зарецкий А. А.,**  
**д.т.н., профессор,**  
**ЗАО «Машстройиндустрия»**  
**Каминский Л.С.,**  
**к.т.н., ООО НП «ЭГО»**  
**Котельников В.С.,**  
**д.т.н., профессор, Ростехнадзор**  
**Пятницкий И.А.,**  
**ООО НП «ЭГО»**  
**Фёдоров И.Г.,**  
**к.т.н., ООО НП «ЭГО»**

### «ПЛК» ПРЕДОСТАВИТ В ЛИЗИНГ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ДСК «СЛАВЯНСКИЙ»

«Петербургская лизинговая компания» («ПЛК») заключила контракт с домостроительным комбинатом «Славянский» в Пушкине на поставку в лизинг оборудования — седельных тягачей и автокранов. Сумма договора составила 13,5 млн. руб. Срок сделки — 33 месяца. Отметим, что это не первый контракт между «ПЛК» и ДСК «Славянский»: в феврале 2007 г. компании подписали лизинговый договор на поставку мостовых кранов, погрузчиков и деревообрабатывающего оборудования на сумму в 15,3 млн. руб.

Предприятие, где установят предоставленное «ПЛК» оборудование, возводится в «Восточной» промзоне Пушкина в рамках проекта «Доступное жилье» и производит деревянные панели для строительства жилых домов. Общая стоимость проекта — 35–40 млн. евро. Вложения в первую очередь завода мощностью 700 домов в год составили 10 млн. евро. Ввод второй очереди запланирован на март 2008 г. После этого мощность производства возрастет до 3 тыс. домов в год. Предприятие будет производить двухэтажные дома площадью до 120 кв. м, а также двухэтажные таунхаусы с квартирами площадью до 70 кв. м. «Петербургская лизинговая компания» работает на российском рынке 10 лет. За 2006 г. объем нового бизнеса «ПЛК» составил 521,8 млн. руб. Текущий портфель «ПЛК» — более 4 млрд. руб.

### КОМПАНИЯ «ДУКЕРХОФФ» НАМЕРЕНА ПОСТРОИТЬ В ОМСКЕ ЦЕМЕНТНЫЙ ЗАВОД

Инвестиционная компания «Дукерхофф» (производитель цемента) заинтересована в организации производства на территории Омской области.

31 мая 2007 г. в Омске состоялись переговоры губернатора Омской области Леонида Полежаева с генеральным директором инвестиционной компании «Дукерхофф» Гердом Клегером.

По итогам встречи стороны подписали протокол о намерениях, означающий готовность вернуться к более детальному обсуждению проекта после того, как будет выполнено его техническое обоснование и экономические расчеты. В настоящее время объем потребления цемента только в жилищном строительстве Омской области составляет более 600000 т в год. К 2010 г. эти объемы возрастут до 800000 т в год. При этом растут и цены на цемент. Организация собственного цементного производства в регионе призвана снизить зависимость от поставок внешних производителей и устранить дефицит этого строительного материала.

### В ЮГРЕ НАЧАЛИ СТРОИТЬ ДОМА ПО КАНАДСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

7 мая 2007 г. в Мегионе (Югра) на линии по производству конструкций для каркасного домостроения по канадской технологии выпустили первую продукцию. На приобретенном ООО «Северная звезда» оборудовании изготовлены пробные стеновая панель и стропильные фермы — элементы конструкции крыши будущих домов, сообщили 11 мая корреспонденту ИА REGNUM в пресс-службе администрации Нягани.

На приобретение завода, его монтаж и обучение специалистов инвестором затрчено около 9 млн. руб. Поступившее в Мегион оборудование позволяет проектировать строения с учетом пожеланий заказчика, а затем изготавливать все необходимые комплектующие для возведения спроектированных зданий.