

РАЗДЕЛ I. ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 624.04

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА, ОБОРУДОВАННОГО ГРУНТОВЫМИ ЯКОРЯМИ

И.С. Бычков
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Аннотация. Строительные грузоподъемные краны подвергаются множеству различных внешних факторов, которые влияют на стабильность и безопасность работы. Современные решения не обеспечивают достаточную устойчивость и безопасность работы. Для устранения угрозы со стороны различных факторов предложены новые опорные элементы. Для оценки влияния грунтовых якорей на устойчивость грузоподъемного крана, проведен теоретический эксперимент, с различными допущениями. Определен коэффициент грузовой устойчивости с грунтовыми якорями и сравнен с коэффициентом грузовой устойчивости со стандартными аутригерами.

Ключевые слова: грунтовый якорь, устойчивость, кран, аутригер.

ВВЕДЕНИЕ

Грузоподъемный кран во время проведения строительных работ является объектом повышенной опасности, очень многие внешние факторы влияют на стабильность. Так же при работе вблизи линий электропередач возникает опасность поражения людей электрическим током [1].

Динамическая нагруженность является определяющим фактором при работе грузоподъемного крана. Перегрузка крана ведет к потере устойчивости и опрокидыванию. Это связано с недостаточностью соблюдения соответствия силовых параметров подъемных механизмов с весовыми параметрами поднимаемого груза, а также проваливание грунта в местах опор [2].

На сегодняшний день основное решение устойчивости, это увеличение опорной площади грузоподъемного крана за счет выдвижных опор, что является не самым эффективным решением. Заземление же решается в виде погруженных в грунт электродов, жестко связанных с базовым шасси машины. Все извест-

ные устройства обладают следующими недостатками: для своего размещения они требуют значительных земельных площадей, при их сооружении выполняются большие объемы земляных работ, монтаж производится вручную, большие трудности возникают при их демонтаже. Перечисленные недостатки затрудняют их применение для временного заземления мобильной грузоподъемной машины.

Для решения проблем предложены грунтовые якоря (рисунок 1) [3].

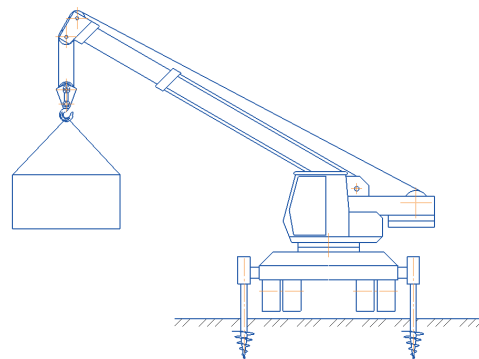


Рис. 1. Автокран с грунтовыми якорями, вид сзади

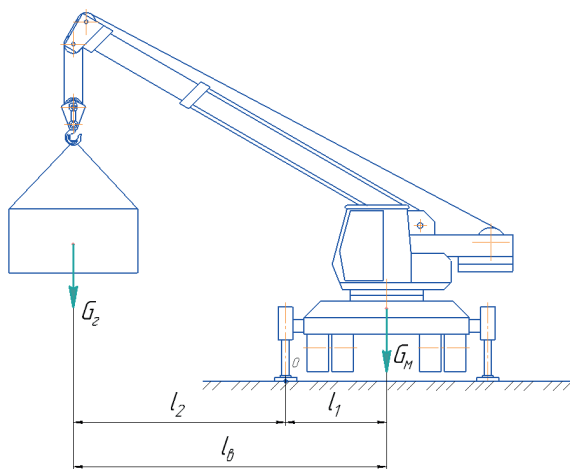


Рис. 2. Автокран с аутригерами

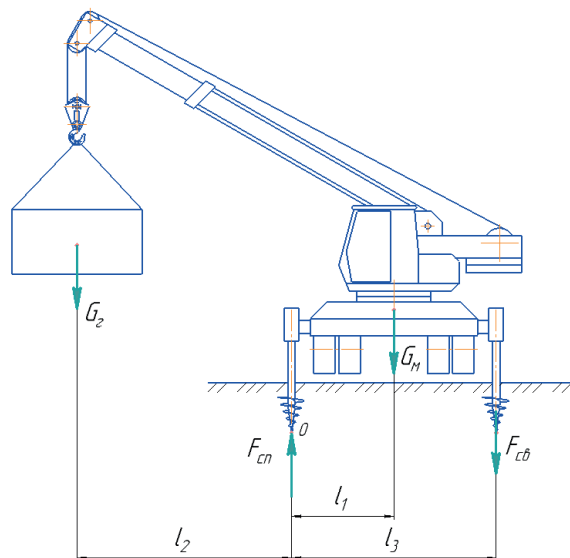


Рис. 3. Схема сил с грунтовыми якорями

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ

Для оценки устойчивости крана с грунтовыми якорями рассмотрен случай без учета дополнительных нагрузок и уклона поверхности, тогда коэффициент грузовой устойчивости должен быть $\geq 1,15$ [4]:

$$K = \frac{M_{уд}}{M_0} \geq 1,15, \quad (1)$$

где $M_{уд}$ – удерживающий момент относитель-

но ребра опрокидывания; M_0 – опрокидывающие моменты относительно ребра опрокидывания.

Оценка устойчивости проведена на примере автомобильного крана КС-35715 [5]

Для оценки устойчивости крана принято: - вылет стрелы 6 м., масса груза 6 т [4]. Тогда, с учетом схемы сил (рис.2), по формуле 1 получим

$$K_{аут} = \frac{G_M \cdot l_1}{G_r \cdot l_2}, \quad (2)$$

Таблица 1
ЗНАЧЕНИЯ УДЕЛЬНОГО СЦЕПЛЕНИЯ c_1
И УГЛА ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ φ ДЛЯ ГРУНТОВ [8]

Наименование грунтов	Показатель текучести	Обозначения характеристик грунтов	Характеристики грунтов при коэффициенте пористости e , равном						
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	$0 < I_L < 0,25$	c_1	21	17	15	13	-	-	-
		φ	30	29	27	24	-	-	-
	$0,25 < I_L < 0,75$	c_1	19	15	13	11	9	-	-
		φ	28	26	24	21	18	-	-
Суглинки	$0 < I_L < 0,25$	c_1	47	37	31	25	22	19	-
		φ	26	25	24	23	22	20	-
	$0,25 < I_L < 0,5$	c_1	39	34	28	23	18	15	-
		φ	24	23	22	21	19	17	-
Глины	$0 < I_L < 0,25$	c_1	-	81	68	54	47	41	36
		φ	-	21	20	19	18	16	14
	$0,25 < I_L < 0,5$	c_1	-	-	57	50	43	37	32
		φ	-	-	18	17	16	14	11
	$0,5 < I_L < 0,75$	c_1	-	-	45	41	36	33	29
		φ	-	-	15	14	12	10	7

РАЗДЕЛ I.

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

Таблица 2
ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА УСТОЙЧИВОСТИ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАРАМЕТРАХ ГРУНТА

Тип грунта	Предел текучести	Коэффициент пористости	Сила выдергивания, кН	Коэффициент устойчивости с грунтовыми якорями	Коэффициент устойчивости с аутригерами
Твердые супеси	0,2	0,45	68,825	3,832	1,42
		0,55	57,262	3,427	
		0,65	43,999	2,963	
		0,75	31,216	2,516	
	0,4	0,45	47,301	3,079	
		0,55	34,275	2,623	
		0,65	26,116	2,337	
		0,75	19,151	2,093	
		0,85	14,625	1,935	
	0,6	0,45	45,115	3,002	
		0,55	32,089	2,546	
		0,65	23,930	2,261	
		0,75	16,965	2,017	
		0,85	12,440	1,858	
		0,75	15,570	1,968	
Твердые суглинки	0,2	0,45	62,745	3,619	1,42
		0,55	50,218	3,181	
		0,65	41,366	2,871	
		0,75	35,117	2,652	
		0,85	30,885	2,504	
		0,95	25,512	2,316	
Мягкопластичные суглинки	0,4	0,45	40,877	2,854	
		0,55	34,772	2,640	
		0,65	28,667	2,426	
		0,75	24,222	2,271	
		0,85	18,725	2,078	
		0,95	15,878	1,979	
Текучепластичные суглинки	0,6	0,65	16,309	1,994	
		0,75	13,617	1,900	
		0,85	11,334	1,820	
		0,95	9,451	1,754	
Твердые глины	0,2	0,55	54,856	3,343	1,42
		0,65	44,737	2,989	
		0,75	36,839	2,713	
		0,85	32,102	2,547	
		0,95	28,200	2,410	
		1,05	24,154	2,268	
Мягкопластичные глины	0,4	0,65	30,235	2,481	
		0,75	27,045	2,370	
		0,85	23,701	2,253	
		0,95	19,313	2,099	
Текучепластичные глины	0,6	0,65	17,085	2,021	
		0,75	15,570	1,968	

где G_m – сила тяжести автокрана, G_r – сила тяжести груза, l_1 – расстояние от центра машины до аутригера, l_2 – расстояние от груза до аутригера.

Исходя из геометрических и технологических параметров автокрана: сила тяжести автокрана будет равна 161,21 кН; сила тяжести груза - 58,8 кН; расстояние от центра машины до аутригера – 2,05 м; расстояние от груза до аутригера – 3,95 м.

Тогда

$$K_{\text{аут}} = 1,42.$$

При расчете устойчивости автокрана с грунтовыми якорями принято, что они установлены на автокран в тех же местах, что и аутригеры. Расчетная схема автокрана с грунтовыми якорями представлена на рис. 3.

Силы на вдавливание и выдергивание грунтовых якорей рассчитывались по формуле [6]

$$F_{\text{св,сб}} = \gamma_c [(a_1 \cdot c_1 + a_2 \cdot \gamma_1 \cdot h_1)A + u \cdot f_i(h - D)], \quad (3)$$

где γ_c – коэффициент условий работы якоря, зависящий от вида нагрузки, действующей на якорь, и грунтовых условий [6]; a_1, a_2 – безразмерные коэффициенты; c_1 – расчетное значение удельного сцепления грунта в рабочей зоне, кПа [8]; γ_1 – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих выше лопасти якоря (при водонасыщенных грунтах с учетом взвешивающего действия воды), кН/м³ [7]; h_1 – глубина залегания лопасти якоря от природного рельефа, а при планировке территории срезкой – от уровня планировки, м; A – проекция площади лопасти [6], м²; u – периметр поперечного сечения ствола якоря, м; f_i – расчетное сопротивление грунта на боковой поверхности ствола грунтового якоря, кПа [6]; h – высота от верхней лопасти якоря до уровня грунта, м; D – диаметр лопасти якоря, м.

Коэффициенты, указанные в формуле 3, зависят от показателя текучести, угла внутреннего трения и типа грунта [7]. Влияния коэффициента пористости, типа грунта и предела текучести на характеристики грунтов приведены в таблице 1.

Исходя из взаимосвязей различных параметров грунта, основные параметры, принятые для расчета, это: тип грунта, показатель грунта и коэффициент пористости.

Проекция площади лопасти при расчете на выдергивание, определяется по формуле [6]

$$A = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 - \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2, \quad (4)$$

где d – диаметра ствола якоря, м.

При расчете на вдавливание, определяется по формуле [5]

$$A = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2. \quad (5)$$

Принято допущение: силы на вдавливание аутригера и грунтового якоря равны.

Для расчета приняты следующие параметры грунтового якоря: диаметр лопасти якоря – 0,25 м; диаметр ствола якоря – 0,065 м; длина ствола якоря – 2 м.

Тогда с учетом допущений и схемы силы (рис.3) коэффициент устойчивости с грунтовыми якорями будет определяться по формуле

$$K_{\text{гя}} = \frac{G_m \cdot l_1 + 2F_{\text{св}} \cdot l_3}{G_r \cdot l_2}, \quad (6)$$

где l_3 – расстояние между грунтовыми якорями, $l_3=4,065$.

Результаты расчетов сведены в таблицу 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование грунтовых якорей при работе грузоподъемных кранов существенно повышают их устойчивость, кроме того грунтовые якоря могут служить естественным заземлением крана при работе в аварийных условиях или вблизи линий электропередач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Применение манипуляторов в строительстве [Текст] / Н. А. Гуровская // Межвузовский сборник трудов студентов, аспирантов и молодых ученых. -Омск: СибАДИ, 2004. – Вып. 2. Ч. 1 Общие и комплексные проблемы технических и прикладных наук. – с. 84-90.
2. Гоголь М. И., Турышева Е. С., Игнатъев Г. В. Повышение уровня надежности срабатывания ограничителя грузоподъемности // Молодой ученый. - 2017. - №2. - с. 91-94.
3. Система заземления и повышения устойчивости мобильной грузоподъемной машины с винтовыми опорами [Текст] / В. С. Щербаков, М. С. Корытов, Н. А. Камуз // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. - 2010. - Вып. 2 (16). - с. 5-8.
4. Правила устройства и безопасной экс-

