

ЭВОЛЮЦИЯ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ

Конструкция проектируемого крана должна соответствовать условиям его эксплуатации и обеспечивать надежное функционирование в пределах установленного нормативного срока службы.

Условия эксплуатации (режим работы) крана и его механизмов определяются двумя основными критериями: величиной нагрузок (точнее - уровнем нагруженности) и продолжительностью их действия (или степенью использования крана или механизма). При этом первый критерий отражает не абсолютные величины нагрузок, а относительные их доли (малые, средние или большие нагрузки в их общем массиве); второй - общее число рабочих циклов за срок службы или число часов работы механизма за этот же период.

Дифференциация режимов работы грузоподъемных кранов стала осуществляться краностроительными фирмами с конца XIX века, что обусловлено необходимостью решения задачи конструирования крана с ресурсом работоспособности, соответствующим заданному при проектировании режиму работы крана и установленному сроку его службы.

С развитием краностроения, совершенствованием и усложнением конструкций грузоподъемных кранов происходило существенное изменение оценочных критериев условий эксплуатации кранов. Рассмотрим эволюцию этих критериев, сопоставляя применявшиеся рекомендации, нормы, стандарты и др.

1. Нормы краностроительных фирм начала XX века предусматривали три группы условий эксплуатации кранов мостового типа

(основного, использовавшегося в то время): 1) легкие; 2) средние нормальные; 3) тяжелые условия. При этом отнесение кранов к той или иной группе осуществлялось достаточно просто - в зависимости от назначения крана:

- краны для электростанций, машинных отделений и т.п. - легкие условия эксплуатации;
- краны для механических, сборочных и других аналогичных цехов - средние нормальные;
- краны металлургических предприятий - тяжелые условия.

При этом разумелось (без указания количественных величин), что при переходе от легких к более тяжелым условиям эксплуатации возрастает доля тяжелых грузов, увеличиваются продолжительность работы и рабочие скорости (следовательно динамические и инерционные нагрузки).

Терминология была различной. Так, фирма Паулин и Гарнишфегер (США) разделяла краны по мере утяжеления условий их эксплуатации на краны с умеренной скоростью, скорые и очень скорые.

Условия эксплуатации учитывались в конструкции кранов при их проектировании. Например, фирма Демаг (Германия) для кранов легких условий эксплуатации предусматривала высокие допускаемые напряжения в деталях, применение открытых передач, низкие рабочие скорости; для кранов средних и нормальных условий - применение закрытых зубчатых передач (редукторов); для кранов тяжелых условий - низкие допускаемые напряжения, высокие рабочие скорости, электроаппаратуру с большим запасом надежности.

Любопытно отметить существование уже в то время двух краностроительных школ (направлений) - европейской и американской. Основные тенденции первой - по возможности малые стоимость и материалоемкость крановой продукции, второй - высокая надежность.

Европейские краны имели преимущество решетчатые металлоконструкции, трехфазные двигатели, в ряде случаев открытые передачи, подшипники скольжения, шпоночные соединения; американские (для тяжелых условий эксплуатации) - жесткие коробчатые металлоконструкции, двигатели постоянного тока, редукторы, подшипники качения, шлицевые соединения и др. В результате американские краны, по сравнению с европейскими, были примерно вдвое дороже и на треть тяжелее, но имели более высокую надежность.

2. Правила Котлонадзора (с 1933 по 1954 год, в составе норм различных ведомств, например, "Правила устройства, освидетельствования и эксплуатации кранов, подъемных механизмов и вспомогательных при них приспособлений", утв. 3.10.1949) также предусматривали три группы условий эксплуатации (режимов работы): 1) I- легкий режим (Л); 2) II- средний (С); 3) III- тяжелый и весьма тяжелый (Т и ВТ). Отдельно выделяется режим ручной (Р). Помимо общего критерия условий эксплуатации, определяемого назначением крана подобно указанному в предыдущем п. 1, вводились следующие количественные показатели, отражавшие интенсивность загрузки механизмов по времени и степень динамичности рабочих циклов.

1. Относительная продолжительность включения ПВ механизма,

$$ПВ\% = \frac{\sum t}{60} 100$$

где $\sum t$ - суммарное время работы механизма (мин.) в течении часа.

Продолжительность включения при этом принималась от 15 до 40% и более.

2. Частота включений ЧВ механизма в час, принимавшаяся от 30 до 60 и более включений в час.

3. "Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов" Госгортехнадзора, утвержденные в 1956 г. устанавливали пять режимов работы: 1) легкий режим -Л; 2) средний -С; 3) тяжелый - Т; 4) весьма тяжелый - ВТ; 5) весьма тяжелый непрерывный- ВТН.

Для установления режима работы наряду с продолжительностью включения

$$ПВ\% = \frac{\text{время работы механизма в течение цикла}}{\text{полное время цикла (включая паузы)}} 100$$

и частоты включения ЧВ (только для электрооборудования) дополнительно введен ряд количественных критериев.

1. Коэффициент использования крана по грузоподъемности $K_{зр}$, как отношение среднего груза $Q_{ср}$, поднимаемого краном за смену, к номинальной грузоподъемности Q_n

$$K_{зр} = Q_{ср} / Q_n$$

2. Коэффициент годового использования механизма как отношение числа рабочих дней механизма в году n_z к годовому фонду времени в днях - 365

$$K_z = n_z / 365$$

3. Коэффициент суточного использования K_c , как отношение числа часов работы механизма в сутки T_c к суточному фонду времени в часах - 24

$$K_c = T_c / 24$$

По сочетанию критериев определяется режим работы механизмов. Режим работы крана принимался соответствующим режиму работы механизма подъема (главного подъема). Установление режимов работы осуществлялось в соответствии с таблицей, в которой указывалось наиболее вероятное, с точки зрения практики, сочетание величин критериев для каждого режима работы. При «нестандартном» сочетании этих величин установление режима работы становилось затруднительным и содержало существенную неопределенность, поскольку степень зависимости группы режима от конкретного критерия не была выражена.

В таких случаях практическое значение имела дополнительная таблица профессора Кифера Л.Г., в которой для каждого режима работы давалось не одно, а пять-шесть возможных сочетаний величин критериев.

4. Правила Госгортехнадзора, утвержденные в 1964 г. ограничили число групп режимов работы: 1) легкий -Л; 2) средний - С; 3) тяжелый - Т; 4) весьма тяжелый - ВТ режимы.

Установление режима рекомендовалось проводить по обширной таблице в зависимости от типа крана и вида механизма. При «нестандартных» условиях эксплуатации предлагалось проводить определение режима работы по сочетанию трех критериев - $K_{зр}$, $K_{в}$, $K_{с}$, что не всегда позволяло получать однозначные решения.

5. Классификация механизмов по условиям работы, разрешенная Госгортехнадзором в 1971 г (письмо № 06-13-17 в/883 от 12.07.71), предусматривала также четыре группы режимов работы (I - легкий; II - средний; III - тяжелый и IV - весьма тяжелый).

При этом режимы работы устанавливались по сочетанию одного из четырех классов условной относительной нагрузки и одного из четырех классов использования. Класс условной относительной нагрузки соответствовал величине коэффициента $K_{зр}$; класс использования - продолжительности t_c и t_r в часах работы за сутки и за год.

6. "Классификация механизмов по режимам работы" стандарт СЭВ 2077-80 регламентировал шесть групп режима работы (1,2,3...6), устанавливаемых в зависимости от четырех классов нагружения и шести классов использования.

Класс нагружения определялся по величине коэффициента нагрузки

$$K_n = \Sigma (P_i / P_{max})^3 \cdot (t_i / \Sigma t_i)$$

где P_i и P_{max} - соответственно некоторая i -я нагрузка (малая, средняя и т.д.) и максимальная (номинальная) нагрузка; t_i и Σt_i соответственно время действия i -х и общее время действия всех нагрузок.

Класс использования находился по общему времени работы (от 800 до 50000 часов).

В текст рекомендаций включена также таблица, подобная упомянутой в п. 4., но позволяющая учесть случаи работы с перерывами, редкого использования и пр.

7. Государственные стандарты, подготовленные на базе стандартов ИСО и действующие с 1982 г, регламентировали условия эксплуатации как для кранов, так и для механизмов.

ГОСТ 25546-82 устанавливает 8 групп режимов работы кранов (1К, 2К, ...8К) в зависимости от пяти классов нагружения и десяти классов использования. ГОСТ 25835-83, полностью соответствующий стан-

дарту СТ СЭВ 2077-80, устанавливает шесть групп режимов работы механизмов (1М, 2М...6М) в зависимости от четырех классов нагружения и семи классов использования.

Классы нагружения определяются для кранов и механизмов по величинам коэффициентов распределения нагрузки.

$$K_p = \Sigma (Q_i / Q_n)^3 \cdot c_i / \Sigma c_i \quad \text{для кранов;}$$

$$K'_p = \Sigma (P_i / P_{max})^3 \cdot t_i / \Sigma t_i \quad \text{для механизмов;}$$

где Q_i и Q_n - массы грузов i -я и номинальная; c_i и Σc_i - число циклов работы крана с грузом Q_i и число циклов работы крана за срок службы; P_i и P_{max} - нагрузки; t_i и Σt_i - время действия нагрузок.

Классы использования находятся: для крана по количеству ($1,6 \times 10^4$ - 4×10^6 и более) поднимаемых за срок службы грузов; для механизмов - по времени работы (800 - 50000 часов) механизма за этот же срок.

8. Правила Госгортехнадзора, утвержденные в 1992 г., предусматривали проектирование кранов в соответствии со стандартом ИСО 4301/1. Установлено восемь групп классификации как для кранов (А1, А2 ... А8), так и для механизмов (М1, М2 ... М8), определяемых в зависимости от четырех классов нагружения и десяти классов использования. Методология выбора классов нагружения и использования соответствует п. 7. Разрешалось, также, использование стандартов ГОСТ 25546-82 и ГОСТ 25835-83.

Критерии оценки условий работы по различным нормам

Таблица 1

Норма	Число групп классификации	Оценочные критерии	
		Уровень нагруженности	Степень использования
США и Германия (начало XX века)	3	Назначение крана	
Котлонадзор (30-40-е годы)	3	Общие данные по относительным массам поднимаемых грузов	1. Относительная продолжительность включения в час ПВ. 2. Частота включений меха в час ЧВ
Госгортехнадзор (1956)	5	Коэффициент использования по грузоподъемности - $K_{гр}$	1. ПВ. 2. ЧВ.
Госгортехнадзор (1969)	4		3. Коэфф. суточного использования - K_c . 4. Коэфф. годового использования - K_r .
Разрешенные Госгортехнадзором (1971)	4	Коэф. использования по грузоподъемности - $K_{гр}$	1. Среднесуточное время работы в часах - t_c 2. Среднегодовое время работы в часах - t_r
Стандарт СТ СЭВ2077-80	6	Коэф.нагрузки (эквивалентности)- K_n	Общее время работы
ГОСТ 25546-82 (для кранов)	8	Коэф. нагружения K_p	Число циклов работы за срок службы
ГОСТ 25835-83 (для мех-мов)	6	Коэф. нагружения K'_p	Норма времени работы механизма за срок службы
Госгортехнадзор (1992) (Ст. ИСО 4301/1) Разрешены ГОСТ 25546 и 25835	8	Коэф. распределения нагрузки K_p и K'_p (для кранов и механизмов)	Максимальное число рабочих циклов (для кранов). Общая продолжительность эксплуатации (для мех-мов)

9. *Правила Госгортехнадзора 1999* года предусматривают определение режимов работы кранов и механизмов по стандарту ИСО 4301/1

Сводные данные по пп 1-8 приведены в табл. 1. Примерное соответствие режимов работы, устанавливаемых по различным нормам, представлено в табл. 2 и 3

Таблица 2

Примерное соответствие групп классификации кранов по условиям эксплуатации в отечественной практике

Нормы	Условия эксплуатации							
	Р	Гр. I		Гр. II		Группа III		
Котлонадзор	Р	I-Л		II-С		III-Т	IV-ВТ	V-VТН
Госгортехнадзор - 56	Р	I-Л		II-С		Т	ВТ	
Госгортехнадзор - 69	Р	Л		С		Т	ВТ	
Госгортехнадзор - 71	I			II		III	IV	
Рекомендации СЭВ	I			2	3	4	5	6
	1а	1б	1в					
ГОСТ 25546-82	1К	2К	3К	4К	5К	6К	7К	8К
Госгортехнадзор - 92	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8

Таблица 3

Примерное соответствие групп классификации кранов и механизмов по ГОСТ и ИСО

	Для кранов							
	1К	2К	3К	4К	5К	6К	7К	8К
ГОСТ 25546-82	1К	2К	3К	4К	5К	6К	7К	8К
ИСО 4301/1-86	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
	Для механизмов							
	1М		2М	3М	4М	5М	6М	
ГОСТ 25835-83	1М		2М	3М	4М	5М	6М	
ИСО 4301/1-86	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8

Режим работы - важнейшая характеристика условий эксплуатации грузоподъемных кранов и их механизмов. Режимы работы разделяют на группы классификации; число таких групп в течение XX века возросло с трех до восьми. Критериями отнесения режима работы к той или иной группе классификации являются: уровень нагружения и степень использования крана или механизма.

До настоящего времени практикуется установление группы классификации по обобщенному критерию - «тип крана - его назначение - вид механизма», примерно отражающему уровень нагружения и степень использования. При увеличении числа групп классификации и расширении возможных условий применения отдельных типов кранов подобный подход к установлению группы классификации может сопровождаться значительными неточностями.

До 80-х годов группу классификации крана устанавливали соответственно группе классификации механизма подъема. Такое отождествление не всегда правомерно, поскольку надежность и работоспособность крана зависят, прежде всего, от числа циклов нагружения (особенно - его базовой части - металлоконструкции), а механизма - от продолжительности и характера циклов нагружения.

Критерий «уровень нагружения» по своему виду изменился от общего представления о величинах действующих нагрузок до коэффициента использования крана по грузоподъемности и, наконец, до коэффициента распределения нагрузок. Последний отражает преимущественное влияние на режим работы больших нагрузок, по сравнению с малыми.

Критерий «степень использования» для механизмов, выражающийся ранее относительной продолжительностью работы (в час, сутки, год), стал определяться в часах «чистой работы» за срок службы. Для кранов этот критерий выражают числом рабочих циклов за срок службы, что удобно для определения фактических режимов работы, тем более, что в последние годы наметилась тенденция оснащения кранов системами регистрации нагрузочных параметров.

Дифференциация (классификация) режимов работы кранов с разделением на восемь групп представляется целесообразной, позволяет осуществлять более достоверную оценку фактических условий эксплуатации, инициирует краностроительные предприятия к применению современных аппаратных средств контроля и фиксации условий и характера работы кранов, открывает путь к созданию эффективной методики оценки остаточного ресурса грузоподъемных кранов.

В статье не рассмотрены предложения по группам классификации кранов и механизмов, предложенные в проекте Евронорм. Эти вопросы предполагается рассмотреть в одном из следующих номеров журнала.

*Красноярский государственный технический университет
доц. В.П.Пономарев (3912) 49.72.41*

*Сибирский инженерно-технический центр «Сибинтехкран»
проф. К.Д.Никитин (3912) 27.89.00*

ОАО "ВНИИПТМАШ"

А.С.Липатов (095) 351.80.40

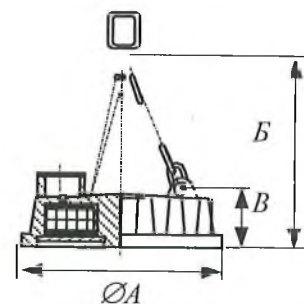
Ассоциация "ПОДЪЕМТРАНСТЕХНИКА"

А.И.Зерцалов (095) 351.82.00

ГРЗОЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА НА ВЫСТАВКЕ "ЭКСПОМЕТАЛЛ-2000" и из других источников (ноябрь 2000)

Расширенную номенклатуру круглых грузоподъемных электромагнитов постоянного тока типа ЭМГ представило ООО "ДИМЕТ-М". Магниты предназначены для захвата и транспортирования

холодных грузов из ферромагнитных материалов грузоподъемными кранами. По индивидуальным заказам электромагниты выпускаются, также, для переноса грузов с температурой до 500°C и для проведения подводных работ. Поставляются магниты средней, тяжелой и легкой серии. Основные параметры магнитов даны в таблицах 1 - 3, основные размеры и масса в таблице 4



Средняя серия Таблица 1

Параметры	ЭМГ117-39/М-01	ЭМГ117-39/А-01	ЭМГ117-30/А-01	ЭМГ117-30/М-01	ЭМГ117-28/А-01
Напряжение, В	220+5%				
Макс ток, А	36	52	45	45	45
Мощность, Вт	5650	8170	7070	7070	7070
Материал катушки	Медь	Алюм.	Алюм.	Медь	Алюм.
Отрывное усилие, Н	165000	175000	170000	170000	170000