

УДК 621.87

АНАЛИЗ ПРИЧИН И ПУТИ СОКРАЩЕНИЯ ПРОСТОЕВ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ ПРИ ВЕТРОВЫХ НАГРУЗКАХ

К.т.н. О. И. Иваненко¹, Н.Г. Таровик²

1. Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

2. Донбасская государственная машиностроительная академия, г.Краматорск

Рассмотрены причины простоев и аварий грузоподъемных кранов при действии интенсивного ветра. Предложены пути повышения эффективности использования грузоподъемных кранов.

Розглянуто причину простоїв і аварій вантажопідіймальних кранів при дії інтенсивного вітру. Запропоновано шляхи підвищення ефективності використання вантажопідіймальних кранів.

The reasons of idles and crashes of hoisting cranes under the gale have been examined. The ways of effectivization of hoisting cranes use have been suggested

Ключевые слова: кран, эксплуатация, ветер, простой, причина, защитная система, авария, нормы, рекомендации, эффективность

Введение

На основе анализа данных по эксплуатации грузоподъемных кранов на открытых площадках, можно сделать вывод, что решение проблемы - повышения надежности и эксплуатационной эффективности использования грузоподъемных кранов осложняется из-за следующих факторов:

1. Парк грузоподъемных кранов значительно постарел – порядка 80% кранов выработали нормативный срок службы.
2. Отсутствуют финансовые возможности для ремонта и модернизации кранового оборудования.
3. Низкого уровня технического обслуживания и квалификации обслуживающего персонала.
4. При действии ветра

При выполнении погрузочно-разгрузочных работ остановка, по тем или иным причинам, грузоподъемных кранов ведет к простоям большого количества технологического оборудования, остановку всего производственного процесса и, в ряде случаев, к значительным экономическим потерям.

Основными причинами, которые вызывают перерывы в работе кранов, являются: организационные, технические и метеорологические. В Украине, наряду с другими метеорологическими факторами (ливни, пылевые и снежные бури и т.д.), наибольшее количество перерывов в работе кранов вызывается сильным ветром [1]

Анализ публикаций

Исследование ветровых воздействий на инженерные сооружения задача многоплановая, требует рассмотрения различных аспектов научной деятельности: математического описания движения воздушных масс; описания основных характеристик ветра и их распределения на территории страны; решения прикладных задач воздействия ветра на различные сооружения и др. Поиск решений прикладных задач

проходит, как правило, на стыке различных наук: математики, прикладной метеорологии и соответствующих инженерных дисциплин.

Несмотря на важность проблемы влияния и учета ветровых нагрузок на работу грузоподъемных кранов публикаций на эту тему недостаточно.

Анализ литературных источников позволяет выделить три основных компонента, используемых при изучении влияния ветра на сооружения и конструкции:

- фундаментальные положения статистической теории турбулентности;
- положения прикладной метеорологии, касающиеся характеристик ветра и их распределения по территории и временам года;
- конструктивные и эксплуатационные особенности рассматриваемой конструкции или сооружения.

Эти компоненты просматриваются в группе работ, посвященных исследованию воздействия ветровых нагрузок на инженерные сооружения и грузоподъемные краны [1-6].

Все эти работы дополняют друг друга, но к сожалению, не дают целостного подхода учета и влияния ветровых нагрузок на работу грузоподъемных кранов.

Цель и задача работы. Целью данной работы является совершенствование методики учета влияния ветровых нагрузок при расчетах и эксплуатации грузоподъемных кранов для расширения диапазона ветровых нагрузок при их эксплуатации и повышения надежности использования элементов защитной системы грузоподъемных кранов. В соответствии с этим в работе поставлены основные задачи:

- разработка методики определения ветровых нагрузок на основе регионального подхода;
- разработка рекомендаций по учету динамической составляющей ветровой нагрузки;
- исследование воздействия ветровых нагрузок на грузоподъемные краны.

Актуальность

Исследование и учет влияния ветровых нагрузок при расчетах и эксплуатации грузоподъемных кранов позволяет повысить эффективность использования кранов за счет расширения диапазона ветра и повышения надежности элементов защитной системы кранов.

Основные результаты исследования Анализ нормативных документов по ветровым нагрузкам, исследование влияния ветра на инженерные сооружения, учет изменения климатических условий на территории Украины, а также практическое состояние эксплуатируемых кранов позволяет, относительно грузоподъемных кранов, сделать следующие выводы:

1. Существующие нормы расчетов ветровых нагрузок носят общекрановый характер, они не

учитывают в необходимой степени надежность и особенности конкретных конструкций кранов, особенностей их эксплуатации и геоморфологических условий региона их установки.

2. В настоящее время нет строго обоснованных научных рекомендаций по расчетам и эксплуатации специальных кранов при влиянии ветровой нагрузки.

3. Отсутствуют рекомендации по безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов при различном характере действия ветра, а также по устройствам, снижающим неблагоприятное влияние ветра на краны.

Влияние ветра характеризуется следующими параметрами: средней скоростью, направлением, максимальной скоростью в час, периодом одноразового действия сильного ветра за год или несколько лет, пульсацией и периодом пульсации.

Действующие нормативные документы можно разделить на четыре группы:

- к первой группе относятся общекрановые нормы расчета ветровых нагрузок;
- ко второй группе можно отнести нормы ветровых воздействий, которые относятся непосредственно к определенным типам грузоподъемных кранов;
- к третьей группе относятся нормы, которые определяют распределение ветровых воздействий на территории СНГ;
- к четвертой группе относятся иностранные нормы.

Анализ действующих норм указывает на имеющиеся противоречия и расхождения в рекомендованных значениях, относительно скоростей ветра.

Основным документом, которым пользуются при определении ветровых нагрузок на грузоподъемные краны является ГОСТ 1451-77 "Краны грузоподъемные.

Нагрузка ветровая. Нормы и метод определения". В нем изложен общий порядок определения ветровых нагрузок на краны.

При эксплуатации кранов имеются случаи угона кранов ветром и их опрокидывание. Угоны происходят, как правило, при действии внезапных порывов ветра. Скорость ветра во время угона не фиксируется, а это создает трудности при выявлении причин аварии. В таблице 1 приведены отдельные примеры аварий грузоподъемных кранов от угона ветром в Луганской области. Причины таких аварий не были ликвидированы в течение последующих ряда лет.

Также значительны простои кранов при действии нерасчетных ветровых нагрузок. При проектировании возникает ряд вопросов, на которые ГОСТ ответа не дает. Наиболее спорным является вопрос об определении и учете динамической составляющей ветровой нагрузки.

Согласно ГОСТ 1451-77 ветровая нагрузка на кран определяется как сумма статической и динамической составляющих. Статическая составляющая определяется произведением динамического давления ветра на площадь расчетного элемента и ряд коэффициентов. Для определения динамической составляющей конкретных рекомендаций не имеется. Однако, раскрывая её физическую сущность, можно сказать, что динамическая добавка к статической ветровой нагрузке определяется инерционными силами, возникающими при горизонтальных колебаниях крановых конструкций, и зависит от интенсивности и спектрального состава пульсаций динамического давления ветра и от периодов и форм собственных колебаний кранов, т.е ветровые воздействия на краны характеризуются следующими параметрами: средней скоростью; направлением; максимальной скоростью за час, периодом разового действия сильного ветра за год или несколько лет; пульсацией; периодом пульсации.

Таблица 1

Примеры аварий грузоподъемных кранов от угона ветром

Дата аварии	Место аварии	Типы кранов	Характер и основные причины аварий
12.08.63 г.	Рубежанский химкомбинат	Башенный кран МКС -3 – 5 – 20	Кран опрокинут. Угонное действие ветра мощностью 9-10 баллов во время работы.
06.06.64 г.	Лесосклад шахты им. Артема комбината «Артемуголь».	Козловой кран ККУ - 7,5	Кран сильно деформирован. Угонное действие ветра во время работы. (Одновременно подвергались уgonу еще четыре крана, которые удалось остановить.)
19.10.73 г.	Лесосклад №4 шахты комбината «Первомайскуголь»	Козловой кран ККС – 10	Кран сошел с рельс. Одна опора разрушена. Угонное действие ветра мощностью 12 баллов.
21.02.86 г.	Склад Свердловского завода КПД	Мостовой кран г/п 16 т	Кран упал с эстакады. Угонное действие ветра. Скорость ветра 20 м/с при незакрепленных механических захватах
27.07.87 г.	Свердловский завод «Интерсплав».	Козловой кран ККС - 10	Кран опрокинут. Кран сильно деформирован. Угонное действие ветра при дефектах противоугонных механических захватах.
7.07.97 г.	Луганский автосборочный завод	Козловой кран ККС - 10	Полное разрушение. Угонное действие ветра. Скорость ветра 27 м/с

Нормативное значение статической составляющей ветровой нагрузки $q^-(Z)$ в Па предлагается определять по формуле (1)

$$q^-(Z) = q_{0r}(Z) \cdot C; \quad q_{0r}(Z) = q_0 \cdot k_r(Z), \quad (1)$$

где $q_0 = \rho \cdot \frac{V_0^2}{2}$ - скоростной нормативный напор на высоте 10 м над поверхностью земли (для второго района Украины равен 350 Па, для третьего района - 450 Па);

ρ - плотность воздуха, кг/м³;

V_0 - скорость воздуха на высоте 10 м над поверхностью земли, м/с;

$k_r(Z)$ - коэффициент, учитывающий изменение скоростного напора по высоте;

C - аэродинамический коэффициент

Нормативное значение равнодействующей ветрового давления на металлоконструкцию грузоподъемного крана определяется по формуле (2)

$$Q^-(Z) = C \cdot q_{0r}(Z) \cdot S, \quad (2)$$

где S - наветренная площадь металлоконструкции крана и груза. Статическую составляющую ветровой нагрузки P_B на кран можно также определить по формуле

$$P_B = \sum (p_B \cdot F_n), \quad (3)$$

где p_B - распределенное давление ветра в данной зоне высоты, Па;

F_n - расчетная наветренная площадь (нетто) конструкции крана и груза, м²

Распределенное давление ветра

$$p_B = q \cdot k \cdot C \cdot n, \quad (4)$$

где q - динамические давления (скоростной напор) ветра, принимаемое по для рабочего состояния независимо от района установки крана и для нерабочего состояния в зависимости от района установки. Динамическое давление ветра q связано с плотностью воздуха ρ и его скоростью формулой

$$q = \rho \cdot \frac{V^2}{2} \approx \frac{V^2}{1,6}, \quad (5)$$

где V - скорость ветра, направленная параллельно поверхности земли, м/с;

k - коэффициент, учитывающий изменение динамического давления по высоте;

c - коэффициент аэродинамической силы, принимаем по данным аэродинамических исследований;

n - коэффициент перегрузки.

Ветровая нагрузка может также быть задана числом баллов по шкале Бофорта от 0 до 12.

Анализ географического положения Украины показывает, что основная территория страны попадает во второй район (г. Киев, Винница, Харьков), а города приграничных областей - в третий (г.г. Одесса, Луганск, Львов). По территории страны проходит граница с

различными скоростными напорами ветра (по линии Одесса - Кривой Рог - Днепропетровск - Луганск), что свидетельствует о непостоянстве и нерегулярности ветра. Направления и скорости ветра зависят от сезонного распределения барочных систем и их взаимодействий. Для рабочего состояния крана q определяется с учетом назначения крана, для нерабочего состояния - в зависимости от ветрового района страны. Для второго ветрового района Украины при скорости ветра $V=24$ м/с - $q=350$ Па, а для третьего при скорости ветра $V=27$ м/с - $q=450$ Па.

Динамическая составляющая ветровой нагрузки, вызванная пульсациями скорости ветра и действующая в месте приложения статической составляющей ветровой нагрузки, определяется

$$P_B^B = 3 \cdot S_B = 3 \cdot m_{II} \cdot \xi \cdot P_B, \quad (6)$$

где m_{II} - коэффициент пульсации скорости ветра в зависимости от высоты расположения рассматриваемого участка крана над поверхностью земли, h ;

ξ - коэффициент динамичности;

S_B - среднеквадратичное отклонение ветровой нагрузки.

Об этом необходимо помнить при расчетах устойчивости, а также в аварийных ситуациях, например, наезде на тупиковые упоры.

Анализ опыта эксплуатации грузоподъемных кранов указывает, что влияние динамической составляющей наиболее существенно в следующих ситуациях:

1) Рабочее состояние крана:

- работа происходит при скоростях ветра, близких к предельным рабочим;

- неблагоприятное сочетание нагрузок от ветра и других в периоды пуска и торможения механизма передвижения, а также при аварийных ситуациях, например, наезд на упоры, препятствия и т.п.;

- проведение монтажных работ, особенно крупногабаритных конструкций;

2) Нерабочее состояние крана:

- пульсация ветровой нагрузки увеличивает реакции в противоугонных захватах.

Длительный опыт участия в обследованиях грузоподъемных кранов показал, что существующая защитная система кранов (тормоз механизма передвижения, ручной захват, автоматическое противоугонное устройство, буферы и тупиковые упоры) недостаточно надежна и зачастую не выполняет свои функции. Случайный характер ветровой нагрузки, переменной по величине, времени и направлению, а также отсутствие данных по угону крана ветром (скорости, длины и времени) затрудняет разработку мероприятий, способствующих дальнейшему совершенствованию защитных систем и расширению диапазона ветровых нагрузок при которых была бы возможна дальнейшая работа кранов, т.е для обеспечения безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов необходима существенная модернизация защитной системы кранов.

Выводы.

Решение поставленных задач позволит повысить эффективность использования грузоподъемных кранов за счет расширения диапазона скоростей ветра до 25 м/с и более

Составленные ветровые карты региона позволят прогнозировать скорости ветра при использовании кранов

Использование математической модели работы крана при динамическом воздействии ветра позволит на стадии проектирования и эксплуатации определять допустимые нагрузки для их рабочего состояния, а так же параметры движения крана при различных скоростях ветра

Для обеспечения безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов необходима существенная модернизация их защитной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гайдамака В.Ф. Работа грузоподъемных машин при бесступенчатом торможении. – Харьков. Вища школа, 1988.- 141с.
2. Ерофеев Н.И. Определение допустимых рабочих скоростей ветра грузоподъемных кранов / Н.И. Ерофеев, В.А. Подобед, П.Я. Лисовой // Судостроение и судоремонт: сборник научных трудов. – Одесса. - №9. – 1977. – с. 11-107.
3. Зубко Н.Ф. Нормирование ветровых нагрузок для рабочего состояния грузоподъемных кранов / Н.Ф. Зубко, В.А. Подобед // Безопасность труда в промышленности. – 1982. - №5. – с.54-55.
4. Подобед В.А. Вопросы эксплуатации грузоподъемных кранов, находящихся в различных ветровых условиях / В.А. Подобед, Н.Е. Соловьева // Проблемы создания и эксплуатации ПТМ в условиях Дальнего Востока и Восточной Сибири: IV регион. научн.-техн. конференция: тезисы докл. – Артем, 1983. – с. 128.
5. Динамический расчет сооружений на специальные воздействия./ М.Ф. Барштейн и др. – М.: Стройиздат, 1981.- 215с.
6. Спицына Д.Н. Динамические воздействия ветровой нагрузки на козловые краны./ Спицына Д.Н., Буланов В.Б., Абрамович И.И. – М.: Труды ВНИИПТМАШ. -№1. – 1976. – с. 88-96.

УДК 621.873.2

ВИБІР ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО КРАНУ

К.т.н. О.Г. Гурко, В.В. Вовк, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Розглянуто структуру системи управління стрілою автомобільного крана. Показано, що найбільш ефективним середовищем для моделювання системи управління крана є комплекс SimMechanics – SimHydraulics – Simulink Control Design пакету прикладних програм MATLAB.

Рассмотрена структура системы управления стрелой автомобильного крана. Показано, что наиболее эффективной средой для моделирования системы управления крана является комплекс SimMechanics - SimHydraulics - Simulink Control Design пакета прикладных программ MATLAB.

The structure of management boom truck crane. It is shown that the most effective environment for modeling of complex is management SimMechanics - SimHydraulics - Simulink Control Design application package MATLAB.

Ключові слова: автомобільний кран, сау, пакети моделювання, matlab.

Вступ

Автомобільні крани (АК) широко використовуються на виробництві, при проведенні будівельно-монтажних і вантажно-розвантажувальних робіт. Основною перевагою АК є автономність їх приводу, здатність швидкого перебезування з одного об'єкта на інший, велика різноманітність змінного устаткування, тому роботи, що спрямовані на дослідження динаміки та удосконалення конструкцій автомобільних кранів є актуальними.

Аналіз публікацій

Виділяють наступні основні тенденції розвитку автомобільних кранів і їх систем управління [1]:

- створення принципово нових конструкцій, в основу яких покладено використання пристроїв, що підвищують вантажопідйомні характеристики;
- декомпозиція кранів при модульному проектуванні;
- забезпечення повної інформативності кранівника про робочий стан крана, стійкість крана при підйомі і переміщенні вантажу, стан окремих вузлів і агрегатів;
- розробка нових та вдосконалення існуючих систем управління робочим процесом АК, оснащення їх електронними приладами безпеки.

Розробка системи управління АК є доволі складною задачею, тому її розв'язання потребує створення моделей кранів. Питанню побудови моделей АК та дослідження різних режимів руху їх стрілових механізмів присвячено достатньо багато досліджень. Зокрема, у [2] на основі моделі АК запропоновано спосіб усунення коливань вантажу. В [3] проведено ретельний аналіз динаміки АК, для чого побудовано складну математичну модель з 18 узагальненими координатами. У [4] представлений інтерактивний симулятор крана, що дозволяє досліджувати взаємозв'язок між функціональними модулями. У статті [5] описана 3D модель АК з телескопічною стрілою, яка ураховує гнучкість елементів. Після спрощення цієї моделі розроблена система керування приводом повороту платформи на базі ПД-регулятора.

Мета роботи

Таким чином, для вдосконалення існуючих та створення нових більш досконалих автокранів, автоматизації їх роботи, необхідно мати достатньо точні