



ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ГРЕЙФЕРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ

И.И. Абрамович, канд. техн. наук

В настоящее время при проектировании и расчете грейферных механизмов козловых и мостовых кранов существуют различные подходы к определению нагрузок замыкающей и подъемной лебедок. В статье даны обоснования и рекомендации, позволяющие достаточно точно и однозначно выполнить расчет конкретного грейферного механизма (или группы однотипных механизмов).

Современные грейферные краны оборудуют за редким исключением двухканатными грейферами и грейферными механизмами с двумя идентичными канатными лебедками – подъемной и замыкающей. При проектировании этих механизмов возникает вопрос о распределении нагрузок между лебедками. Традиционно принималось, что каждая лебедка должна рассчитываться на нагрузку, равную 60% общего веса грейфера с грузом. Это положение, в частности, соответствовало нормам расчета канатов по действующим до 1992 г. Правилам устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов [1]. Так выполнены грейферные механизмы практически всех кранов промышленного назначения, серийно выпускавшихся крупными краностроительными предприятиями Министерства тяжелого машиностроения СССР.

В последующем в Правилах принята методика стандарта ИСО, предусматривающая выбор канатов только в зависимости от группы режима работы механизма подъема. Это положение сохранено как в новой редакции стандарта ИСО [2], так и в действующих с 2001 г. Правилах [3].

Наблюдения за работой грейферных механизмов и результаты многочисленных экспериментов показывают, что усилие S_3 в замыкающих канатах в ходе зачерпывания и транспортировки материала варьируется от 20 до 100% от суммарного веса $F = (Q + G)$ грейфера с грузом. В подъемных

канатах усилие S_{II} составляет от 20 до 50% от этой величины, а в случае зависания груза в челюстях при разгрузке – до (65 – 85)% F (см., например, [4]).

В практике краностроения ряд предприятий продолжает проектировать лебедки, исходя из нормы [1]. Известны также предложения о расчете замыкающих канатов, исходя как из полного суммарного веса F [5], так и из его половины [6]. Нормы FEM [7] для механизмов, у которых предусмотрено автоматическое выравнивание натяжения между замыкающими и подъемными канатами, или повышенные нагрузки на замыкающие канаты действуют кратковременно, рекомендуют как для замыкающих, так и для подъемных канатов расчетные усилия принимать, на основе 66% от суммарной нагрузки. ВНИИПТМАШ предлагает приводы как замыкающих, так и подъемных лебедок рассчитывать, исходя из 80%, а канаты – 60% F [8].

Правомерность проверки канатов на нагрузку, равную 50-60% F , иногда обосновывают тем, что их рассчитывают со значительным запасом прочности. Это было справедливо для действовавших ранее норм, когда все грейферные краны, вне зависимости от интенсивности их использования, относили к тяжелому или весьма тяжелому режиму работы. Однако теперь отнесение к группе режима производят только исходя из фактической (или ожидаемой) загрузки. При этом не исключена возможность отне-

сения механизмов к группам режима ограниченной интенсивности, например, М3 – М4, чему соответствуют значения коэффициентов запаса (использования) 3,55 – 4,0, не обеспечивающие необходимой безопасности работы крана.

Между тем, в рамках действующей системы режимной классификации [3] имеется возможность достаточно точно и однозначно выполнить расчет конкретного грейферного механизма (или группы однотипных механизмов). На рисунке представлен типовой график изменения усилий S_3 и S_{II} в канатах грейфера за цикл его работы. При транспортировке грейфер удерживается подъемными канатами (I), для зачерпывания груза его опускают (II), в начале зачерпывания (III) подъемная лебедка остановлена или работает на выборку слабины каната, замыкающий полиспаст сокращается, и натяжение его канатов плавно возрастает до величины F . За счет инерции вращающегося ротора приводного двигателя в конце замыкания возможно незначительное превышение S_3 относительно F , что, однако, в расчетах обычно не учитывают. После этого замыкающий канат, преодолевая сопротивление силы тяжести грейфера и груза, отрывает грейфер от земли (VI); через 1 – 2 с включают подъемную лебедку, и натяжение обоих канатов быстро уравнивается. В дальнейшем грейфер поднимается, а затем, если нужно, и опускается на обоих канатах (V), причем S_3 примерно равно S_{II} . При опорожнении усилие S_3 уменьшается до нуля, а S_{II} , после кратковременного повышения, остается равным собственному весу грейфера G (VI).

В соответствии с [3] группа режима работы механизма, в данном случае замыкающей грейферной лебедки, определяется сочетанием класса



использования и режима работы.

Для наиболее употребительных грейферных мостовых и козловых кранов промышленного назначения с диапазоном грузоподъемностей 5 – 32 т характерны высота подъема 8 – 12 м, скорость подъема 0,33 – 0,50 м/с, масса грейфера G примерно равная массе груза Q , кратность замыкающего полиспаста грейфера – $2 \times (4 - 5)$. Время действия замыкающей лебедки за цикл работы грейфера составляет от 1 до 2,5 мин, а за срок службы механизма (обычно до 6 – 8 лет) 5 – 12 тыс. ч. Это соответствует классам использования Т5 – Т6.

Значения показателя коэффициента распределения нагрузки L , определяющего режим нагружения, рассчитанные по методике [3] и исходя из приведенного на рисунке типового графика, колеблются в пределах 0,135 – 0,145. Это лишь незначительно превышает предельное значение легкого режима $L1 - 0,125$. Таким образом, в данном случае группа классификации режима механизма составляет М5 - М6. Этому соответствует значение коэффициента запаса проч-

ности каната (коэффициента использования) – 4,50 и 5,60.

Очевидно, что в зависимости от соотношения между весом транспортируемого груза и грейфера, особенностей его исполнения, от свойств перегружаемого материала, характера перегрузочного процесса и т.д. возможно изменение группы классификации режима. Однако, для 90 – 95% двухканатных грейферов это будет группа М6.

В случае необходимости можно выполнить уточненное определение группы режима. Здесь для оценки характера изменения S_3 при зачерпывании можно использовать результаты выполненных в свое время во ВНИИПТМАШ работ [9]. Однако во всех случаях предельное значение натяжения замыкающих канатов должно приниматься $S_3 = F$.

По соображениям унификации подъемную лебедку всегда делают идентичной замыкающей, при этом она находится в более легких условиях работы (меньше длительность действия в каждом рабочем цикле, величина S_{II} не достигает значения F).

Поэтому какой-либо дополнительной проверки этой лебедки не требуется.

Теоретически возможно создать грейферные механизмы, в которых предотвращается подъем заполненного грейфера только на замыкающих канатах, причем предельная величина S_3 во время цикла работы была бы существенно меньше F . Но для этого необходимо выполнить специальные, ранее не проводившиеся, в том числе и экспериментальные, исследования. Кроме того, неизбежно усложнятся как сам грейферный механизм, так и система его управления.

Необходимо отметить, что действующие по кинематическому принципу (переключение лебедок после завершения отдельных операций цикла) существующие устройства автоматического управления грейферными механизмами не могут обеспечить ограничение величины S_3 . Они могут только предотвратить нежелательное увеличение длительности этапа подъема грейфера на замыкающих канатах.

При выборе редукторов приходится считаться с тем, что ряд производителей не приводит в их характеристиках не только расчетные нагрузочные графики, но даже и классификационную группу, ограничиваясь указанием, что редуктор пригоден для использования в среднем режиме (группа М4). В этих случаях обязательна проверка редуктора на действие максимальной нагрузки F в течение 0,5 – 1,0% от общего времени работы механизма (меньшее значение - для механизмов с системами автоматического управления).

Тормоза лебедок должны быть с минимально допустимым запасом 1,5 проверены на момент, соответствующий нагрузке F .

При расчете электрического привода рекомендуется принимать, что на каждую лебедку приходится 60% от суммарной нагрузки (см., например, [4]).

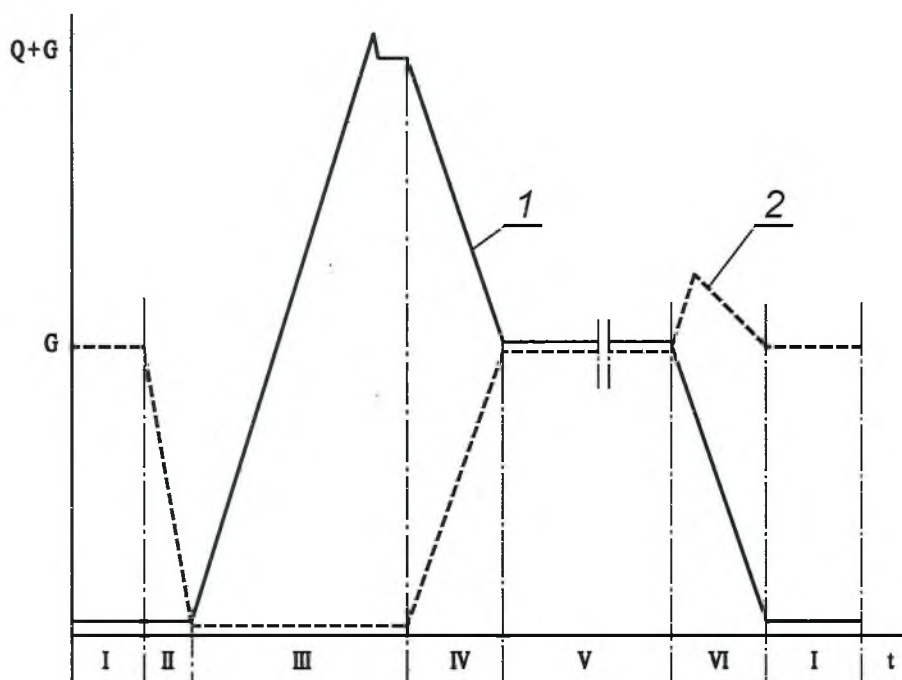


График изменения нагрузок на канаты грейферного механизма за цикл его работы: I - IV – последовательные этапы цикла работы, 1, 2 – усилия в замыкающем и подъемном канатах

В заключение можно сделать следующие выводы.

При расчете грейферных механизмов нагрузки замыкающей и подъемной лебедок следует выбирать, исходя из суммарного веса грейфера и груза.

Классификационную группу режима работы обеих лебедок механизма необходимо назначать, основываясь на графике загрузки замыкающей лебедки. Ориентировочно она может быть принята М6, а для ограниченного срока службы механизма (до 6300 ч) – М5.

Редукторы лебедок следует выбирать с учетом принятой классификационной группы режима механизма с дополнительной их проверкой на кратковременное действие момента, соответствующего суммарному весу грейфера с грузом.

Тормоза лебедок, вне зависимости от системы привода механизма, должны быть проверены на наличие запаса 1,5 при действии нагрузки от суммарного веса грейфера с грузом.

Приводы лебедок рекомендуется рассчитывать из условия действия на каждую из них 60% суммарной нагрузки.

Литература

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. Утверждены Госгортехнадзором РСФСР 24.02.1965г.
2. International Standard ISO 4308-1: 2003 Cranes and lifting appliances – Selection of wire ropes. Part 1: General.
3. ПБ 10-382-00 Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. Утверждены Госгортехнадзором России 31.12.99.
4. Scheffler M. Grundlagen der Fördertechnik – Elemente und Triebwerke. Braunschweig, F.Vieveg, 1994.
5. Мархель И.И. Крановые канаты. Москва, Машиностроение, 1983.
6. Петухов П.З., Ксюнин Г.П., Серлин Л.Г. Специальные краны. М. Машиностроение, 1985.
7. Federation Europeenne de la Manutention. Rules for the design of hoisting appliances. F.E.M. 1.001. 3 изд. 1987.
8. ВНИИПТМАШ. Расчеты крановых механизмов и их деталей. 4 изд. Под ред. Лалаянца Р.А. М. 1993.
9. Крутиков И.П. Грейферы двухканатного типа. ВНИИПТМАШ. М. Машгиз. 1949.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ВЫНОСНЫХ ОПОРАХ СТРЕЛОВОГО САМОХОДНОГО КРАНА С УЧЕТОМ ПОГРЕШНОСТИ ЕГО УСТАНОВКИ

К.М. Мамаев, канд. техн. наук,
Дагестанский государственный
технический университет

В статье рассматривается модель «жесткой» рамы, опирающейся на пружины с линейными характеристиками. Отличное от номинального распределение усилий задается коэффициентами использования площадей опор. Моменты, вызванные внешними нагрузками и переносом вертикальных сил приводятся к плоскостям, проходящим через главные оси инерции опорного основания. Получены аналитические выражения усилий для квадратного опорного контура с двумя недогруженными опорами. Метод расчета может быть использован и при числе опор более четырех.

Усилия в выносных опорах несут в себе информацию о нагрузках, действующих на стреловой самоходный кран, и позволяют судить о его устойчивости. Неправильная установка (вывешивание на опорах) крана и просадка грунта

под опорами приводят к понижению устойчивости. В результате нарушения установки крана на опору может действовать нагрузка, значительно превышающая расчетную. Так при просадке грунта под одной из опор четырехопорной рамы крана при определенном положении стрелы кран может оказаться в положении неустойчивого равновесия на двух диаметрально расположенных опорах, нагрузки на которые становятся предельными. Кроме того, при исключении одной из четырех опор ребром опрокидывания становится диагональ опорного контура, в результате чего возможна потеря устойчивости крана сразу после исключения опоры или при повороте стрелы с грузом в сторону этого ребра.

Эксперименты показывают, что даже при хорошем горизонтировании платформы крана, установленного на бетонном основании, усилия в опорах могут отличаться от номинальных [1]. Это связано с тем, что при четырех и более опорах рама представляет собой статически неопределимую систему и распределение усилий в опорах зависит не только от нагрузок внешних сил, но и от погрешностей ус-