

ВЫБОР И РАСЧЁТ СИСТЕМЫ ПОДВЕСНОГО КАБЕЛЬНОГО ТОКОПОДВОДА КРАНОВ

Борис Георгиевич МОСКОВСКИЙ, генеральный директор
ООО «Кондактикс-Вампфлер», г. Москва

Для наиболее распространенной системы кабельного токоподвода, построенной на тележках, движущихся по двутавровому профилю, описан порядок выбора и расчета ее параметров применительно к конкретным условиям эксплуатации крана.

Ключевые слова: кабельный токоподвод, подвесная система, кабельные тележки, кабели, укладка кабелей, расчет размеров.

Среди всего многообразия подвесных кабельных систем, рассмотренных ранее [1], наиболее распространённым видом является система, построенная на тележках, движущихся по двутавровому профилю. Системы такого типа наиболее универсальны, способны перемещать большое количество кабелей на большое расстояние и с высокими скоростями, именно они применяются в тяжёлых кранах, портовых типа судно-берег, металлургических и прочих специальных кранах.

Для различных условий их работы требуется произвести подбор и расчёт таких систем, чтобы применить нужный типоразмер тележек, правильно определить длину кабелей и способ их установки в тележках, использовать необходимые дополнительные элементы. В общем случае подвесная система содержит элементы, показанные в [1]. Вид ее на одном из кранов представлен на рис. 1. Состав кабельной тележки показан на рис 2.

Основные цилиндрические с ребор-

дой или без нее ролики 1 обеспечивают направление движения тележки, восприятие нагрузки от тележки и кабелей. Направляющие цилиндрические ролики 2 обеспечивают точное позиционирование тележки при движении вдоль двутавра. Стабилизирующие цилиндрические ролики 5 противодействуют подскоку тележки при движении и ее наклону. Все ролики изготавливаются из стали или стали с пластиковым покрытием, имеют точные шарикоподшипники, не требующие смазки. Боковая пластина 3 предназначена для установки роликов и регулировки их положения. Изготавливается из стали с покрытием, позволяет быстро заменять узел в сборе. Зажимная планка 4 служит для фиксации кабелей на кабельном седле. Изготовлена из резины, состоит из нескольких сегментов для фиксации кабелей разных диаметров. Буфер 6 амортизирует удары тележек при стыковке. Выполнен из резины или полиуретана. Центральная пластина 7 из стали с покрытием является основой всей кон-

струкции. Кабельное седло 8 из стали с покрытием предназначено для укладки кабелей с учётом их минимального радиуса изгиба. При большом числе кабелей на тележке может быть установлено несколько уровней сёдел.

Основные размеры подвесной кабельной системы с поводковой тележкой показаны на рис. 3. Подбор и расчет элементов системы для конкретного крана выполняется в несколько этапов.

Этап 1. Выбор кабелей и их расположения. Сначала составляется список кабелей и выбираются значения их сечений. Эти данные определяются составом и мощностью приводов, расположенных на крановой тележке, а также наличием и количеством кабелей управления и передачи данных.

Затем выбирается тип кабелей (плоские или круглые) и материал оболочки (резина, ПВХ). Плоские кабели предпочтительнее, так как имеют меньший радиус изгиба и при этом могут быть многожильными, однако их механические свойства хуже, чем у круглых. Среди круглых кабелей предпочтение следует отдавать одножильным кабелям, имеющим наименьший диаметр и, следовательно, наименьший радиус изгиба. Материал выбирается исходя из условий эксплуатации.

Одновременное применение плоских и круглых кабелей не допускается за исключением тонких круглых кабелей (например, витой пары).

Распределение плоских кабелей по седлу тележки. Для плоских кабелей важно, чтобы их взаимное расположение было как можно более компактным для предотвращения проскальзывания в местах крепления. Высота пакета кабелей на седле тележки должна быть меньше его ширины, иначе пакет будет нестабилен в зажимах тележек. Важно располагать кабели так, чтобы в области зажима их находилось как можно больше (рис. 4).



Рис. 1

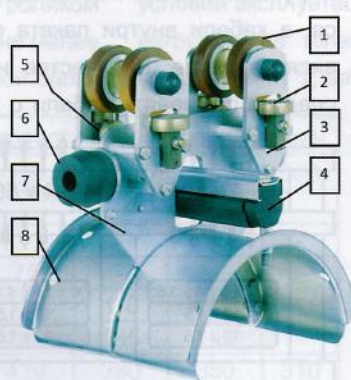


Рис. 2

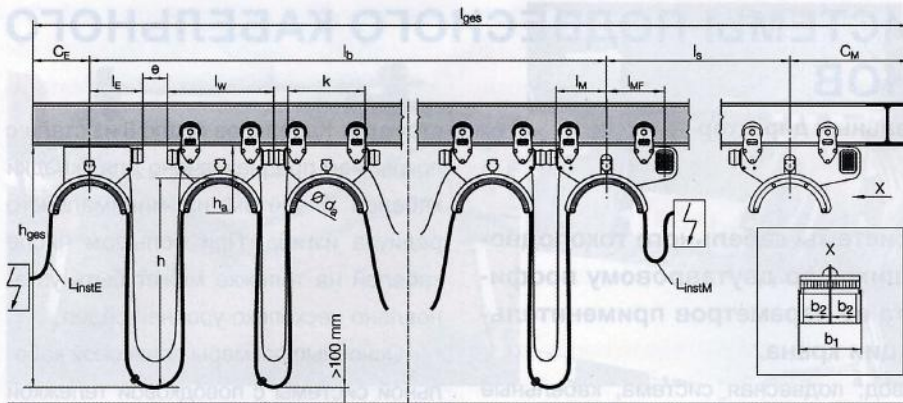


Рис. 3. Основные размеры подвесной кабельной системы: b_1 – ширина седла тележки; b_2 – ширина места укладки кабелей; C_e – расстояние от начала системы до концевой клеммы; C_M – расстояние от конечной тележки до конца системы; d_a – диаметр кабельного седла; e – расстояние запаса в месте сбора тележек (рекомендовано более 0,5м); h – высота петли кабелей от седла тележки; h_a – расстояние от нижней части балки до кабельного седла тележки; h_{ges} – высота петли кабелей от нижней части балки; k – расстояние между отверстиями для тяговых канатов, на тележке; l_b – длина места сбора тележек в крайнем положении; l_E – длина конечного зажима; l_{ges} – длина балки системы; L_{instE} – установочная длина кабеля со стороны конечного зажима; L_{instM} – установочная длина кабеля со стороны поводковой тележки; l_M – длина тяговой тележки; l_{MF} – расстояние от середины седла тяговой тележки до окна кронштейна; l_s – рабочий ход системы (рабочий ход крановой тележки); l_w – длина кабельной тележки

Большие силовые кабели с большим сечением должны находиться сверху пакета. Это, с одной стороны, обеспечивает их лучшее охлаждение, а с другой – лучший зажим небольших кабелей. Кроме того, в этом случае крупные кабели берут на себя большую часть механических нагрузок (рис. 5).

Там, где это возможно, нужно применять кабель с большим числом жил вместо нескольких кабелей. Например, применить один кабель 12x1,5 вместо трёх кабелей 4x1,5.

Распределение плоских кабелей в клипсах. Кабельные клипсы (органайзеры) предназначены для фиксации кабелей в петлях. Наиболее крупные силовые кабели, например 4x50, жёстко закрепляются в верхнем окне клипсы, а остальные располагаются сво-

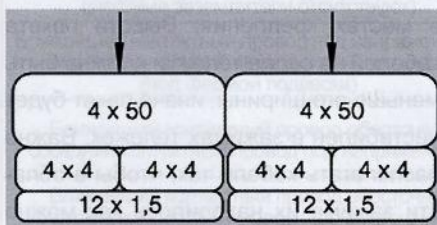


Рис. 5

бодно в нижнем окне и не зажимаются (рис. 6). Экранированные кабели также не должны зажиматься.

Расположение круглых кабелей на седле тележки. Диаметры кабелей не должны сильно отличаться друг от друга для обеспечения хорошего равномерного зажима. При различии диаметров кабелей более чем на 15 мм, должны применяться дополнительные проставки (рис. 7).

Распределение круглых кабелей в клипсах. Клипсы (органайзеры) обеспечивают правильное совместное расположение кабелей в пакетах в петлях. Наружные кабели жёстко закрепляются, а кабели внутри пакета свободно висят в петле. В качестве наружных следует применять кабели с наиболь-

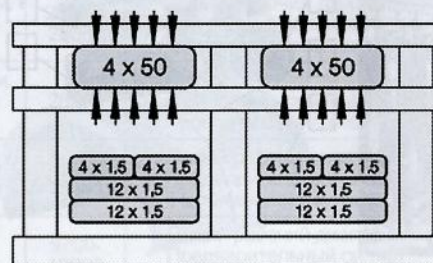


Рис. 6

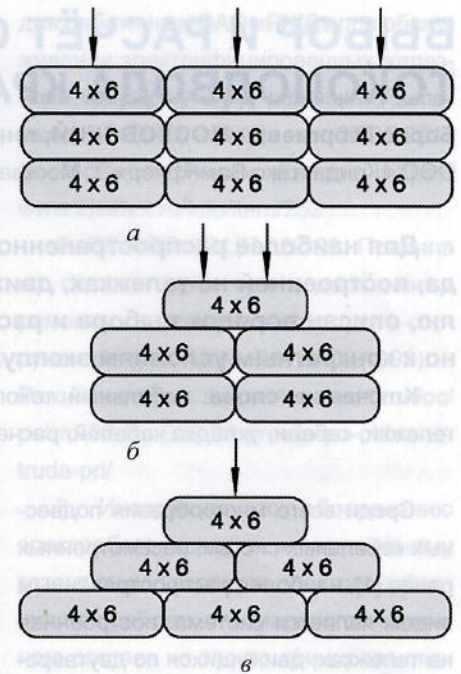


Рис. 4. Расположение кабелей в пакете: а – отлично – все кабели находятся в области зажима; б – хорошо – половина пакета кабелей находится в области зажима; в – плохо – два крайних кабеля не располагаются в области зажима, то есть не фиксируются на седле тележки

шим диаметром и не экранированные. При большой разнице в диаметрах кабелей внутри клипсы устанавливаются дополнительные проставки (рис. 8).

При выборе взаимного расположения кабелей в пакете очень важно

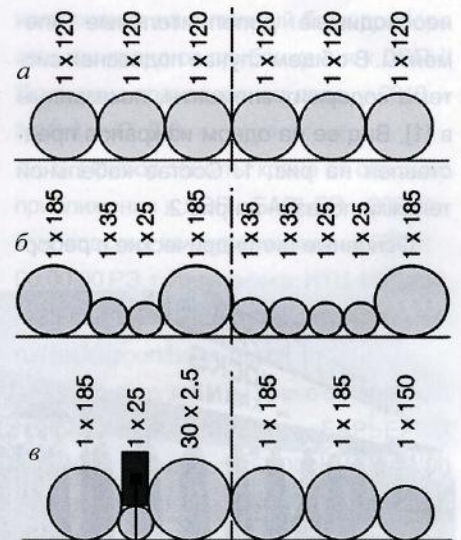


Рис. 7. Расположение круглых кабелей: а – отлично – одинаковые кабели; б – плохо – кабели сильно различаются; в – улучшение за счет проставки



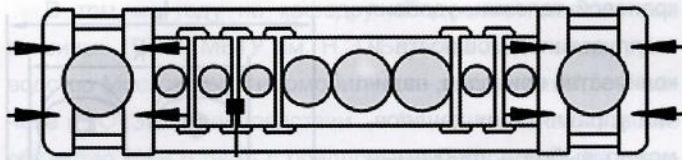


Рис. 8

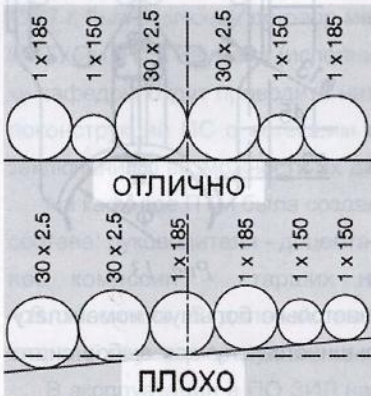


Рис. 9

стремиться соблюсти симметрию для равномерной нагрузки на плечи седла тележки (рис. 9).

Этап 2. Выбор типа шасси, размера роликов и диаметра седла тележки. Для тележек применяются два типа шасси в зависимости от типа двутавровой балки

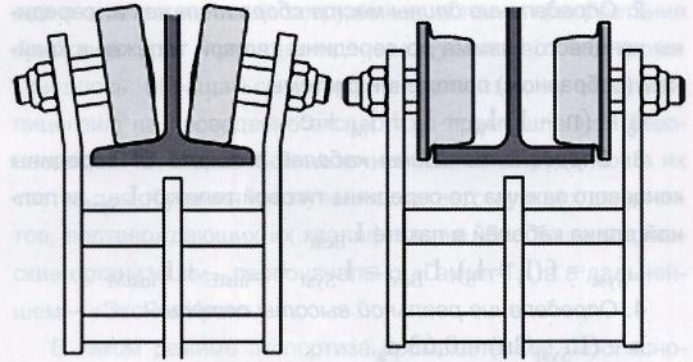


Рис. 10

– с параллельным или наклонным расположением полок (рис. 10).

Применение дополнительных роликов – направляющих боковых и стабилизирующих «обратных», – обусловлено конкретными условиями эксплуатации, например, при сильном ветре и высоких скоростях движения возникают дополнительные усилия, которые этими роликами могут быть компенсированы.

Ключевой параметр – диаметр основных роликов, зависит от нагрузки от пакета кабелей и от скорости перемещения. В таблице дана взаимосвязь этих параметров для стальных роликов, работающих при ПВ 60% в температурном диапазоне -40...+80°C.

Если применяются ролики с пластиковым покрытием, допустимая нагрузка на них уменьшается на 10% в нижнем диапазоне рабочей температуры и на 40% в верхнем диапазоне от +40 до +60°C.

Нагрузка на тележку $F_{LW} = 2h \cdot G_L$, где h – высота петли, м; G_L – погонная масса пакета кабелей, кг/м (сумма погонных масс каждого кабеля в пакете).

Далее следует также проверить соответствие двутавровой балки и роликов. Минимальный зазор A между роликом и нижней частью верхней полки балки должен быть не менее 10 мм. Следует также проверить ширину двутавровой балки

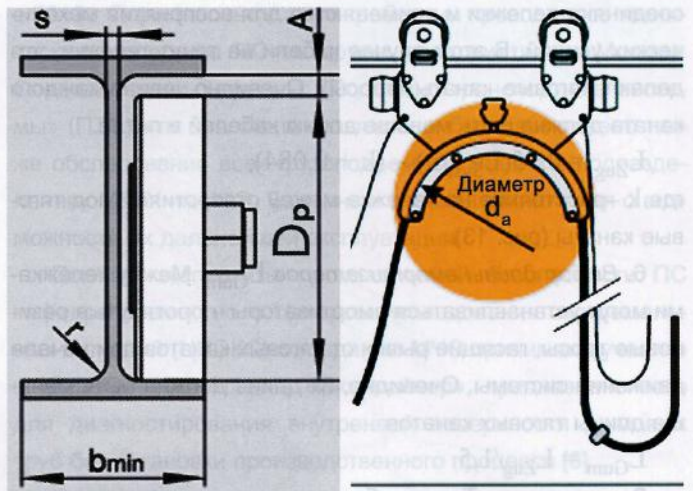


Рис. 11

Рис. 12

из расчета $b_{min} = 2[D_p/4 + r] + s + 10$, где обозначения величин видны на рис. 11.

Диаметр седла тележки (рис. 12) зависит от размера наибольшего кабеля в пакете. Для плоского кабеля минимально возможный диаметр седла $d_a = 8S_{FL}$ при толщине кабеля S_{FL} менее 12,5 мм и $d_a = 10S_{FL}$ при толщине кабеля более 12,5 мм. Для круглого кабеля $d_a = 10d_{RL}$, где d_{RL} – диаметр кабеля. Например, при диаметре наибольшего круглого кабеля в пакете 20 мм минимально возможный диаметр седла кабельной тележки $10 \cdot 20 = 200$ мм.

Этап 3. Расчёт размеров системы.

1. *Определение числа петель n.* Для определения числа петель нужно знать высоту петли h (определяется исходя из условий эксплуатации, а также в соответствии с допустимой нагрузкой на тележку от кабелей), а также поправочный коэффициент f , зависящий от скорости и высоты петли. В

общем случае $f = 1,1$. Тогда

$$n = f(l_s + e)/(2h + 1,25d_a - f \cdot l_w),$$

где обозначения размеров здесь и далее соответствуют приведенным на рис. 3. Разумеется, число петель определяет количество тележек. Так очевидно, для 6-ти петель помимо концевого зажима и тяговой тележки, необходимо иметь 5 кабельных тележек.

Диаметр роликов, мм	Нагрузка на тележку F_{LW} , кг, при скорости перемещения, м/мин							
	До 63	80	100	125	160	200	250	300
40	40	36	32	-	-	-	-	-
50	75	68	60	51	-	-	-	-
63	125	110	95	85	75	-	-	-
80	220	190	162	142	125	110	-	-
100	355	305	265	230	200	185	160	-
125	590	550	500	450	410	380	350	310
160	1150	1090	1050	1015	990	970	950	925

2. *Определение длины места сбора тележек* от середины концевого зажима до середины тяговой тележки в крайнем (собранном) положении системы

$$l_b = (n - 1) \cdot l_W + l_E + l_M + e.$$

3. *Определение длины кабелей* в пакете от середины концевого зажима до середины тяговой тележки L_{Syst} и полной длины кабелей в пакете L_{Best} :

$$L_{Syst} = f(l_s + l_b), L_{Best} = L_{Syst} + L_{instE} + L_{instM}.$$

4. *Определение реальной высоты петель*

$$h = (L_{Syst}/2n) - 0,63 \cdot d_a.$$

5. *Определение длины тяговых канатов* L_{Zug} , которые соединяют тележки и применяются для восприятия механических усилий. В этом случае кабели не тянут тележки, это делают тяговые канаты (тросы). Очевидно, длина каждого каната должна быть меньше длины кабелей в петле.

$$L_{Zug} = 0,95(L_{Syst}/n) - (k + 0,084),$$

где k – расстояние на тележке между отверстиями под тяговые канаты (рис. 13).

6. *Выбор длины амортизаторов* L_{Gum} . Между тележками могут устанавливаться амортизаторы – протянутые резиновые тросы, гасящие рывок от тяговых канатов при начале движения системы. Очевидно, их длина должна быть меньше длины тяговых канатов:

$$L_{Gum} = L_{Zug}/1,5.$$

Заключение. Таким образом, имея в распоряжении основные характеристики системы – длину рабочего хода

крановой тележки, условия эксплуатации, мощности и количество приводов, наличие управляющих каналов, можно выбрать требуемые кабели, а затем подобрать тип тележек и рассчитать геометрические размеры.

Возможно, на некоторых этапах процесс расчёта застопорится и потребуются изменять некоторые исходные параметры, однако современные системы кабельных тележек имеют настолько большую номенклатуру, что в подавляющем большинстве случаев выбор системы завершится успешно.

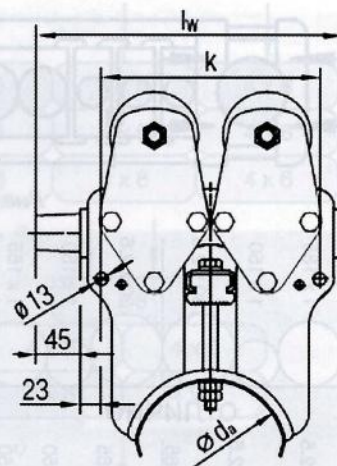


Рис. 13

Литература

1. **Московский Б.Г.** Системы подвесного кабельного токопровода кранов мостового типа // Подъемно-транспортное дело. – 2019. – № 1-2. – С. 11-14.

Б.Г. Московский. Тел. (phone) 499-922-24-08.
E-mail: boris.moskovskiy@conductix.com



РАБОТА ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОЙ КАФЕДРЫ МГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКЕ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Александр Васильевич МАСЯГИН, старший преподаватель, эксперт высшей квалификации

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Представлены основания и основные направления деятельности специалистов кафедры в области экспертизы промышленной безопасности и технической диагностики подъемных сооружений с целью определения их остаточного ресурса и возможности дальнейшей эксплуатации.

Ключевые слова: опасный производственный объект, подъемные сооружения, промышленная безопасность, эксплуатация, экспертиза, техническая диагностика, остаточный ресурс.

Согласно действующему законодательству любой объект, где используется какое-либо подъемное сооружение или ста-

ционарно установленный грузоподъемный механизм, относится к категории опасных производственных объектов и на него распространяется действие федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (№ 116-ФЗ от 21.07.1997). В соответствии с ним технические устройства, в том числе иностранного производства, применяемые на опасном производственном объекте, подлежат сертификации на соответствие требованиям промышленной безопасности, а в процессе эксплуатации – экспертизе промышленной безопасности в установленном порядке в соответствии с руководящими документами [1-5].

Еще в 1976 г. Госгортехнадзор СССР своим письмом от 15.03.1976 № 06-27/54 обязал владельцев упомянутых объектов проводить (специально созданными на предприятиях комиссиями) обследование металлоконструкций подъемных сооружений (ПС) с истекшим сроком службы с целью оценки их безопасности и определения возможности дальнейшей эксплуатации.

