

# НОВЫЕ НОРМЫ США НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОСТОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КРАНОВ

**И.И. Абрамович, канд. техн. наук**

Проектирование грузоподъемных кранов в промышленно развитых и в ряде развивающихся стран регламентировано национальными стандартами; известен также ряд международных нормативов (в отечественном краностроении такие нормы до сего времени отсутствуют).

Действующие в США национальные стандарты (например ASME B30.02), относящиеся к мостовым кранам различных видов, содержат их классификацию, самые общие указания по устройству и управлению кранами, а также основные требования безопасности. Нормы проектирования (включающие расчет) изложены в нормативах, выпускаемых промышленными объединениями СММА (Crane manufactures association of America) и AISE (Association of Iron and Steel Engineers). В каждом из них изложены требования к проектированию и расчету стальных конструкций, механизмов и электрооборудования, наиболее интересные на наш взгляд положения которых приведены ниже (в СССР документы аналогичного содержания выпускались в 60-е годы. прошлого века в форме рекомендаций института ВНИИПТМАШ).

При рассмотрении расчетных методов и конструкций американских мостовых кранов следует иметь в виду, что краностроительная промышленность США, в отличие от европейской, была и остается ориентированной преимущественно на удовлетворение внутренних потребностей интенсивно работающей промышленности. Поэтому приори-

тетным направлением в разработке и изготовлении мостовых кранов явилось максимальное обеспечение их эксплуатационной надежности и долговечности. Это обусловило появление кранов с коробчатыми сплошностенчатыми мостами и коробчатыми концевыми балками, установкой термообработанных ходовых колес на быстросъемных угловых буксах, широким применением редукторных передач, короткоходовых тормозов, а также повышенной жесткостью несущей конструкции.

Необходимо отметить, что в СССР при восстановлении краностроительной промышленности в заключительный период и после Великой Отечественной Войны новые ряды мостовых кранов проектировались по американским схемам. В Европе переход на аналогичные конструкции произошел на несколько лет позже.

Последние редакции (1999г) норм СММА «Технические условия на опорные и подвесные однобалочные мостовые электрические краны» (№74) и «Технические условия на мостовые и козловые двухбалочные мостовые краны» (№70) имеют одинаковое построение и содержат ряд идентичных положений и требований.

Согласно этим нормам в типовом исполнении краны должны работать в диапазоне температур от минус 17,7 до плюс 40°C.

Принятая система режимной классификации содержит 6 групп режима, по своему характеру она близка к регламентированной стандартом ИСО 4301/-86. Однако, для однобалочных кранов не предусмотрены группы наиболее интенсивного использования.

При расчете несущей конструкции предлагается учитывать динамические нагрузки от прохода крана по неровностям путей (5...20% от собственного веса крана в зависимости от скорости движения) и от работы механизма подъема груза (15...50% от веса груза в зависимости от скорости подъема). Перекосные нагрузки принимают в пределах 5...15% от действующей на колеса крана вертикальной нагрузки в зависимости от отношения пролета к базе.

Ветровая нагрузка рабочего состояния определяется, исходя из динамического давления в 50 Па.

Рассматриваются три сочетания нагрузок, для которых допускаемые напряжения принимают соответственно в 60, 66 и 75% от предела текучести материала. Приведены указания по расчету устойчивости элементов несущих конструкций.

Проверка на сопротивление усталости проводится принципиально так же, как в других современных нормативах - с отнесением элементов и соединений, в зависимости от их особенностей, к определенной категории концентрации напряжений. Диапазон допускаемых напряжений - от 34 до 434 МПа. При этом за расчетное значение принимают абсолютную по величине сумму минимального и максимального напряжений.

Максимальный прогиб моста от статической подвижной нагрузки не должен превышать 1/888 пролета, а у тех однобалочных кранов, для которых не предусмотрен строительный подъем - 1/600 пролета.

По существу принятый метод расчета является одной из модификаций метода предельных состояний, принятого и в отечественной практике. Однако система показа-

телей, определяющая размеры элементов конструкций, значительно менее дифференцирована. Такой подход заслуживает внимательного рассмотрения, так как в большинстве случаев, в особенности для наиболее широко распространенных кранов общего назначения, достоверная детальная регламентация практически нереальна.

Рассматриваемые нормы в целом являются более жесткими, что может привести к повышению металлоемкости несущих конструкций до 10...20%. В большинстве случаев это оправдано.

При расчете и выборе механизмов предлагается учитывать режим их нагружения. Однако для всех режимных групп запас прочности канатов относительно разрывного усилия принят равным 5 и только для кранов, транспортирующих расплавленный металл, его увеличивают до 8. Для канатов 6Х37 и 6Х19 в зависимости от группы режима работы отношение диаметров барабанов и блоков к диаметру каната варьируется соответственно в диапазонах 16...30 и 20...30.

У тормозов механизма подъема груза запас торможения принимают равным 1,25 и только для тормозов с механическим приводом (очевидно грузоупорных) он может быть снижен до 1,0.

Предусмотрено оснащение тормозов устройствами для компенсации износа фрикционных обкладок, а также датчиками нагрева для интенсивно эксплуатируемых механизмов. Установка тормозов при червячных самотормозящихся редукторах не обязательна. Расчетный момент тормозов механизмов передвижения тележки и крана должен соответствовать 50% от номинального момента приводного двигателя.

Ходовые колеса опорных кранов и тележек выбирают на основании

расчетов, в которых учитывают группу режима работы механизма, скорость передвижения и твердость материала колеса. Однако для подвесных кранов расчеты не предусмотрены - допускаемые нагрузки на ходовые колеса заданы в табличной форме в зависимости от их ширины и диаметра. При этом для конических колес нагрузки снижены на 40%.

В состав норм включены довольно подробные указания по выбору и расчету электрооборудования, преимущественно приводов, а также данные по определению потерь в механизмах. Регламентированы расчеты продолжительности включения в зависимости от группы режима крана и системы управления. Непосредственная проверка на нагрев не предусмотрена.

Приведена методика выбора аппаратуры управления и требования к защите электрооборудования от внешних воздействий.

Значительный интерес представляют нормы AISE «Инструкция по электрическим мостовым кранам для металлургического производства» - AISE Technical Report № 6, октябрь 2000г. Первоначально такие нормы появились в 1910г. С тех пор известны пять редакций норм; материалы редакции 1942 г. были широко использованы в СССР при разработке мостовых кранов для металлургии как ВНИИПТ-МАШем, так и краностроительными предприятиями.

В нормах AISE рассмотрены общие положения для металлургических кранов всех типов, весьма разнообразных по конструкции и технологическому назначению. В состав норм включены указания по отнесению кранов к группам режима, причем сроки службы кранов предусмотрены в пределах от 10 до 50 лет.

Действующие при работе нагрузки предлагается определять с по-

мощью системы коэффициентов, относимых к весу груза, тележки и других частей крана. Показатели, отражающие группу режима крана или механизма и протекающие при работе крана динамические процессы, не учитываются.

Расчет несущих стальных конструкций производится по методу допускаемых напряжений, которые для сталей типа Ст.3 и стали 09Г2 принимают соответственно в 22 и 30 МПа.

При расчете на сопротивление усталости вводят 4 группы режима и 8 категорий элементов и соединений. Допускаемые напряжения варьируются от 17 до 440 МПа. Группы режима работы характеризуются только по числу циклов нагружения - от менее 100000 до свыше 2000000.

Прогиб пролетных балок моста от подвижной нагрузки не должен превосходить 1/1000 пролета. Отношение пролета к высоте сечения балки не должно превышать 18, а к ширине - 60.

Существенное внимание уделено особенностям устройства пролетных балок. Верхние кромки диафрагм не должны привариваться к поясному листу, подтележечные рельсы следует укладывать на сплошные продольные подкладки. Предусмотрено болтовое крепление концевых балок к пролетным. Указания иллюстрируются примером расчета пролетных балок крана прокатного производства грузоподъемностью 50 т и пролетом 30,4 м. Расчет включает проверку на прочность и устойчивость всех элементов моста, метод расчета - традиционный, без применения ЭВМ.

Раздел, посвященный механизмам, содержит довольно подробные указания по проверке сопротивления усталости валов с учетом влияния концентраторов различных видов. Дана методика расчета зубчатых передач.



Грузовые крюки следует изготавливать из мелкозернистой стали; расчетные напряжения в сечениях крюка с учетом концентрации не должны превышать 33% от предела текучести средней части элемента. В приложении приведен расчет крюка как кривого бруса.

Диаметры барабанов и блоков должны быть не менее 30 диаметров каната. Однако для кранов 1-ой и 2-ой групп режима для канатов 6x37 допускается уменьшение диаметра на 20%. Запас прочности такой же, как у кранов общего назначения. Шаг нарезки на барабане не менее 1,2 диаметра каната. У рассчитанных на особо интенсивную работу кранов поверхность ручьев нарезки барабанов должна быть закалена не менее, чем на 400 НВ.

Не допускается применять связанные через уравнительный блок полиспасты в кранах, предназначенных для транспортировки раскаленного металла или грузов опасных видов.

Для передвижения кранов и тележек следует использовать рельсы только со скругленной головкой; масса 1 м рельса от 15 до 85 кг в зависимости от нагрузки на колесо. Наиболее тяжелые рельсы рекомендуется устанавливать на низко-модульных подкладках.

Нормативные нагрузки на ходовые колеса заданы в табличной форме. Для определения расчетной нагрузки вводят корректирующие коэффициенты (режима и скоростной). Без учета этих коэффициентов допускаемая нагрузка на колесо диаметром 900 мм и твердостью не менее 320 НВ и 50...60 HRc равна соответственно 800 и 1115 кН.

В нормах анализируются 6 различных схем механизмов передвижения крана, из них только одна с раздельным приводом.

Подшипники качения должны быть рассчитаны на срок службы не

менее 10 лет. Предусмотрена возможность установки ходовых колес на подшипники скольжения; величина среднего удельного давления не должна быть более 5,2 МПа, а для алюминиевой бронзы - 6,9 МПа.

Коэффициент запаса для тормозов механизма подъема груза принимают не менее 1,5, а при транспортировке опасных грузов - 1,75. Обязательна проверка тормозов на нагрев. Тормоза механизмов передвижения крана должны обеспечить остановку его на пути, численно равном 10% номинальной скорости передвижения крана.

Раздел электрооборудования посвящен в основном расчету и выбору приводов. Приведены показатели использования металлургических кранов всех типов и назначения, необходимые для расчета приводов основных рабочих механизмов.

Для определения мощности двигателей механизмов подъема предлагаются упрощенные зависимости, в которых учитывают помимо веса груза, скорости подъема, к.п.д. механизма только коэффициент режима, а для двигателей механизмов передвижения крана и тележки с грузом - коэффициент ускорения и величину скорости через 10 с после начала движения. Проверка на нагрев для приводных двигателей не предусмотрена.

В нормы включены также требования к пускорегулирующей аппаратуре, проводке и другим элементам электрооборудования.

Существенным представляется включенный в состав норм (приложение «С») раздел, регламентирующий отношения между заказчиком и изготовителем. Предполагается, что поставляемый кран должен, в основном, соответствовать нормам AISE, но ряд его конструктивных особенностей определяется заказчиком, что и оговорено в соответствующих разделах норм (например, тип

подшипников ходовых колес, схема привода механизма передвижения и т.д.). В соответствии с этим значительно расширен и углублен перечень требований, изложенных в прилагаемой форме опросного листа. Предусмотрено, что изготовитель должен выдавать заказчику сведения, характеризующие уровень качества крана, в том числе точность установки ходовых колес (допускаемая величина отклонения оси колеса в горизонтальной плоскости - 0,002), уровень напряжений в основных элементах несущей конструкции и т.п.

Так же как в рассмотренных выше нормах на краны общего назначения, обращают на себя внимание повышенный, в сопоставлении с отечественной практикой, уровень запасов в ряде элементов конструкции, упрощенная, «загруженная» методика расчетов. Надо отметить и детализацию ряда конструктивных требований, направленных на повышение качества кранов.

Металлургические мостовые краны производства США традиционно отличаются весьма высоким уровнем эксплуатационной надежности. Это, в частности, подтверждается опытом многолетней эксплуатации кранов, ранее поставленных в СССР, в том числе на Магнитогорский металлургический комбинат.

Происходящее в последнее время восстановление отечественной металлургии настоятельно требует замены кранов, выработавших свой ресурс, а также установки новых.

В этой связи представляется крайне целесообразной разработка норм на проектирование и расчет мостовых кранов для черной металлургии, в том числе с использованием рассмотренных выше документов.