

- по техническому перевооружению и подготовке производства;
- по повышению технического уровня выпускаемого оборудования;
- по стандартизации, сертификации и лицензированию выпускаемого оборудования;
- по разработке нормативно-технической документации и т.п.

Работы, выполняемые предприятиями и организациями за счет средств внебюджетного фонда, не облагаются налогом на прибыль, что дает возможность предприятиям и организациям с высокой эффективностью использовать средства фонда, оставляемые в их распоряжении.

В соответствии с указанными выше постановлениями Министерством науки и технологии учрежден Межотраслевой внебюджетный фонд Ассоциации делового и научно-технического сотрудничества в области машиностроения, высоких технологий и конверсии «МВТК» (свидетельство от 05.03.97 №81). В течении четырех лет Фонд МВТК успешно работает, членами его являются десятки крупных научно-технических организаций и предприятий России, в т.ч. Уралмаш, Тверской вагоностроительный завод, Уральский турбомоторный завод, Узловское объединение «Кран», Таганрогский завод «Красный котельщик», Ивановский завод тяжелого станкостроения, Рузаевский завод «Химмаш», НПП «Подъемтранссервис», Санкт-Петербургский электромеханический завод.

Участие перечисленных и других предприятий и организаций в Фонде позволило им сохранить свой научно-технический потенциал, инженерные и научные кадры в сложных условиях переходного периода к рыночной экономике, продолжить и расширить работы по созданию нового высокопрогрессивного оборудования, повышению технического уровня производства выпускаемых машин.

В заключительном документе, составленном по результатам работы семинара, отмечается полезность этого мероприятия, а также даются некоторые предложения по совершенствованию подъемно-транспортного дела.

МЕТОДЫ РАСЧЕТА НЕСУЩИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ.

Началом появления методов объективной оценки прочности несущих конструкций следует считать известные экспериментальные работы Леонардо да Винчи и Галлилея. К концу 19 века потребности бурно развивающихся промышленности, транспорта и строительного дела обусловили создание достаточно обоснованных методов расчета несущих металлических конструкций, в значительной мере не потерявших значения и в настоящее время. При этом широко использовались многие, выполненные значительно ранее и не получившие практического применения, теоретические разработки – например исследования Р. Гука по основам теории упругости, Л. Эйлера по устойчивости упругих систем, и т.д.

Здесь, и не в последнюю очередь вследствие развития строительства таких ответственных и металлоемких сооружений, как железнодорожные мосты, актуальным становятся вопросы совмещения минимальной массы конструкции с её высокой надежностью.

До начала 20-х годов краностроители применяли, за малыми исключениями, методы расчета, разработанные для нужд строительства. Однако, в 1900 – 1920г.г. появляется ряд работ, специально освещающих специфические вопросы расчета крановых конструкций. Здесь, в первую очередь, следует выделить широко известные руководства немецкого инженера В.Л. Андрэ, где в строгой, но вполне доступной для практиков форме, изложен статический расчет стержневых конструкций кранов большинства известных на тот период типов, включая достроечные судостроительные краны, плавучие краны и т.д.

В работах профессора Рижского политехнического института М.Н. Берлова были изложены основные положения расчета динамических нагрузок, действующих при работе грузоподъемных кранов.

Опыт отечественного и зарубежного краностроения был обоб

щен в подготовленной к печати в 1941г и вышедшей в свет в 1944г монографии заведующего лабораторией института ВНИИПТМАШ П.Е. Богуславского, которому удалось в краткой форме изложить все основные вопросы расчета и проектирования крановых стальных конструкций. Здесь необходимо отметить, что это издание, как и ряд других работ на аналогичную тему этого же и других отечественных авторов, по глубине и качеству изложения, не имеют аналогов в мировой технической литературе.

С середины 30г.г. появляются национальные нормативы, регламентирующие проектирование и расчет крановых металлоконструкций. К настоящему времени такие нормативы действуют в большинстве промышленно развитых стран. Имеются также и международные стандарты. К сожалению, в СССР и в России, такие нормы не были созданы.

На государственном уровне рассматриваемые вопросы были регламентированы только в военный период, когда в 1942г Народный комиссариат тяжелого машиностроения СССР утвердил Временные нормы на проектирование кранов, разработанные ВНИИПТМАШ.

В 1955г в СССР, во многом благодаря основополагающим трудам профессора Н.С.Стрелецкого, был впервые узаконен расчет строительных конструкций по методу предельных состояний. По инициативе П.Е. Богуславского с конца 50г.г., впервые в мировой практике, он начал применяться и в краностроении.

В настоящее время для расчета металлических конструкций кранов преимущественно применяют разработанный в 1992г стандарт ВНИИПТМАШ и Ассоциации «Подъемнотранстехника» «Краны промышленного назначения. Нормы и методы расчета элементов стальных конструкций». Несмотря на положительный опыт применения этого документа при создании кранов различных видов, к настоящему времени выявилась целесообразность определенной его корректировки, что и производится в настоящее время.

Нормативы СТО в значительной мере базируются на Строительных нормах и правилах (Действующая редакция -Стальные конструкции. СНиП II-23-81*), которые оказались достаточно эффективными не только для расчета строительных, но и других стальных несущих конструкций. Такой подход также существенно облегчает пользование справочной и другой литературой, ориентирующейся на указанный СНиП.

Очевидно, что в СТО в максимальной мере учтены особенности крановых конструкций.

Метод предельного состояния предусматривает введение нормативного и расчетного сопротивления материала. Первое значение соответствует гарантированным стандартами на материал значениям временного сопротивления и предела текучести. Расчетное сопротивление за счет введения коэффициентов однородности учитывает найденные статистическим путем отклонения механических свойств материала. Коэффициенты однородности варьируются от 1,025 до 1,10.

Аналогичным образом отклонения ожидаемых расчетных нагрузок от номинальных, нормативных, учитывают введением коэффициентов перегрузок – например, возможное увеличение веса перемещаемого груза вследствие ошибок крановщика, и т.п. При этом, в зависимости от вида нагрузки, эти коэффициенты, как правило, различны. Значения их, в виду отсутствия достоверных статистических данных, установлены на основании многолетнего опыта разработки и эксплуатации кранов промышленного назначения и варьируются в пределах $K_n = 1,0-1,8$.

Возможные отклонения фактической конструкции от принятой в расчете схемы, или несовершенство принятого метода расчета учитывают коэффициентами условий работы $\gamma_c \leq 1,0$, значения которых, в частности, дифференцированы в зависимости от используемых для определения силовых факторов и напряжений методов (расчеты традиционными методами, машинные расчеты и т.п.).

При этом имеют в виду как возможные неточности расчета отдельных элементов металлоконструкции, (γ_c'), так и крана в целом (γ_c''), причем $\gamma_c = \gamma_c' \times \gamma_c''$.

Применительно к металлическим конструкциям кранов промышленного назначения рассматривают два предельных состояния:

- первое – нарушение целостности или развитие остаточных деформаций элементов конструкции, которые могут явиться причиной аварии, или, по крайней мере, несовместимые с возможностью осуществления краном своих функций;

- второе – возникновение упругих деформаций (обычно - вертикального прогиба моста от подвижной нагрузки), создающих препятствия нормальной эксплуатации крана.

СНиП допускает, при определенных условиях, возможность работы металла в упруго-пластической стадии – вплоть до образования в сечении балки так называемого «пластического шарнира», что дает определенное снижение металлоемкости конструкции. Однако, краны являются подвижными сооружениями, испытывающими действие циклических нагрузок. Поэтому, как в СТО, так и в известных к настоящему времени зарубежных крановых нормативах, такая работа материала не предусматривается.

Это же относится и к находящим довольно широкое применение в современных сооружениях, в том числе и мостах, балкам с особо гибкими стенками, для которых допускается работа за пределом устойчивости.

Возможность при определенных условиях, в особенности при легком режиме нагружения, работы за пределами текучести и устойчивости в 70-80 гг. была подтверждена как исследованиями, многие из которых были проведены во ВНИИПТМАШ, так и данными эксплуатации, выполненных с указанными предпосылками кранов.

Приведенные выше соображения позволяют включить в перерабатываемые нормы соответствующие рекомендации, что не противоречит также и ГОСТ "Основные положения расчета грузоподъемных

кранов". Для металлических конструкций кранов групп режима 1К и 2К это может обеспечить снижение металлоемкости в пределах 10 – 20%; часто удается также существенно повысить грузоподъемность ранее изготовленных кранов.

Содержащиеся в СниП рекомендации по проверке местной устойчивости пластинок ориентированы на редко применяемые в крановых мостах типовые одностенчатые подкрановые балки с перемещением ходовых колес над стенкой. В состав СТО включены подробные указания по проверке устойчивости пластинок с различными условиями опирания и нагружения. Однако, и эти данные не вполне достаточны для расчета коробчатых двухстенчатых балок мостов (не учитывается степень защемления стенок в поясах, нет оценки влияния малых диафрагм и других факторов, повышающих сопротивление стенок и поясов выпучиванию). Соответствующие дополнения, также в значительной мере основывающиеся на разработках ВНИИПТМАШ, предполагается включить в состав СТО.

Последнее время выявляется заинтересованность многих потребителей в повышении интенсивности использования кранов, в том числе заново изготавливаемых, как правило, по индивидуальным заказам. Часто требуется оценивать величину остаточного ресурса длительное время эксплуатирующихся кранов. Это обуславливает необходимость уточнения методики расчетов на сопротивление усталости.

Содержащаяся в СниП методика усталостного расчета, в общем, базируется на достаточно проверенных данных. При включении в СТО она была откорректирована, в основном, за счет введения коэффициента α_v , учитывающего повторно-кратковременный режим работы кранов, причем значения этого коэффициента варьируются в диапазоне $1,0 \leq \alpha_v \leq 2,0$ (большие значения – при ограниченной интенсивности использования крана).

Однако опыт расчетов, в частности, козловых и порталных трубчатых решетчатых кранов, изготавливаемых АО «Балткран», вы

явил необходимость включения в нормы расширенных и более точных указаний по усталостному расчету узлов различных видов. Это, в частности, относится к узлам примыкания круглых трубчатых элементов решетки к коробчатым поясам. Здесь эффективным оказывается сочетание оценки величины действующих напряжений путем расчета методом конечных элементов, с последующей корректировкой результатов по приведенным в работах Института электросварки им. Патона и некоторых зарубежных исследованиях опытным данным.

Значительный интерес представляет методика оценки сопротивления усталости, включенная в выпущенные в 1999г Ассоциацией краностроителей США (СМАА) нормы проектирования мостовых кранов, и по ряду показателей выгодно отличающаяся от наиболее распространенных в Европе и Азии нормативов, базирующихся на разработках ФРГ. Здесь в наибольшей степени и весьма наглядно учтена специфика как выполнения, так и нагружения узлов металлических конструкций мостовых кранов.

Ряд элементов, в том числе пояса решетчатых мостов или стрел кранов, испытывают дополнительные изгибные воздействия при проходе по поясу ходовых колес грузовой тележки. Для учета этого представляется необходимым включить в состав норм методику оценки сопротивления усталости для случая действия двухчастотных напряжений.

Результаты расследования случаев разрушения конструкций показали, что довольно часто несущая способность монтажных сварных соединений фактически уступает несущей способности выполненных на предприятиях-изготовителях кранов. Это обстоятельство необходимо учесть в намеченных для корректировки нормах, например, на основании разработок, выполненных в Ленинградском политехническом институте.

В соответствии с современными воззрениями, расчеты конструкций должны базироваться на теории надежности, основанной на

вероятностных методах, которые наиболее объективно отражают случайную природу взаимосвязи основных расчетных величин между внешними воздействиями и несущей способностью конструкции. Между тем, метод предельных состояний в интерпретации применительно к кранам промышленного назначения следует рассматривать в качестве «полувероятного» - в нем необходимая степень надежности и безопасности конструкции обеспечивается введением частных коэффициентов запаса – надежности по материалу, перегрузки и т.д. Величины этих коэффициентов, как было отмечено выше, не имеют достаточного теоретического и экспериментального обоснования, а устанавливаются преимущественно исходя из логических соображений, и с учетом накопленного в краностроении опыта.

Такой подход в некоторой мере оправдывается практикой создания и эксплуатации кранов различных типов. Однако, создание более экономичных и надежных перспективных конструкций неизбежно потребует перехода на вероятностные методы расчета. Эти методы, в частности, начали внедряться при расчете башенных строительных кранов, для которых в свое время удалось собрать достаточно обширный статистический материал. Следует надеяться, что, по мере восстановления отечественного краностроения, такая работа может быть проведена и для кранов промышленного назначения.

*И.И.Абрамович
ОАО «ВНИИПТМАШ»*