

О производстве строительно-дорожных машин в России

В настоящее время большая часть строительных и дорожных машин (СДМ) поставляется в Россию из-за рубежа, главным образом из КНР. В 2023 году общий объем импорта СДМ в РФ составил 440 млрд. рублей. Из них общий объем поставок всех типов кранов на 188 млрд. рублей. По большей части это краны на базе специального шасси автомобильного типа. Большую часть объема продаж автокранов в РФ образуют краны грузоподъемностью от 50 до 1200 тонн на базе специального шасси автомобильного типа - это импорт из КНР (99,7 %).

Отечественная промышленность серийно выпускает автокраны грузоподъемностью до 50 т, и штучно выпускает автокраны грузоподъемностью до 100 т. В среднем, стоимость одного отечественного крана 20 млн. рублей при среднегодовом темпе выпуска 2500 кранов дает общий объем продаж 50 млрд. рублей в год. Общий объем производства СДМ в России за 2023 год составил 84 млрд. рублей.

На фоне колоссального объема поставок китайских кранов общая доля рынка отечественных кранов рухнула с 79 до 45%. В России за последние 20 лет прекратили существование 19 крановых заводов. Оставшиеся пять заводов, выпускают только автокраны грузоподъемностью до 60 т, поскольку 100-тонные краны – это штучная продукция. Кранов большой грузоподъемности в России вообще не выпускается, а эту нишу полностью заняли китайские производители. Такая ситуация представляет угрозу экономической и технологической безопасности России. Для нейтрализации этой угрозы предлагается создать в России собственное производство телескопических автокранов большой грузоподъемности, которые широко применяются в промышленном и транспортном строительстве.

Производство кранов большой грузоподъемности с телескопической стрелой и собственным шасси может быть организовано в РФ при поддержке правительства, когда государство или крупная строительная компания является не только крупным заказчиком, но и инвестором в программу создания производства. В качестве шасси можно использовать агрегаты КамАЗ-7850, переработанного под крановую установку. Организация собственного производства кранов большой грузоподъемности в России позволит получить значительный народно-хозяйственный эффект, стать независимой от импорта, создает рабочие места, удовлетворяет потребности государства в строительной технике и позволяет ускорить ввод объектов капитального строительства, что в целом идет на пользу России.

Подобная картина сложилась и в производстве других СДМ, большую часть которых Россия импортирует из КНР. Если в России своими силами производятся автогрейдеры, бульдозеры фронтальные погрузчики, экскаваторы, экскаваторы-погрузчики, дорожные катки, автокраны, гусеничные краны, краны-манипуляторы, бетоносмесители, то некоторые другие виды СДМ не производятся вообще. В частности, не производятся краны большой грузоподъемности (годовой объем рынка России около 130 млрд. рублей), бетононасосы, установки вертикального и горизонтального бурения, асфальтоукладчики, дорожные фрезы. Очень большую долю рынка в России захватили производители экскаваторов-погрузчиков, которые по объему импорта в цене находятся на втором месте после автокранов, а по числу на первом месте, поскольку это относительно недорогая машина и она приобретается не только крупными строительными организациями, но и индивидуальными предпринимателями.

Ряд СДМ в России вообще исчезли в связи с изменением подходов к строительству. В частности, вместе в распадом СССР фактически прекращено производство мелиоративных экскаваторов непрерывного действия, поскольку работы по ирригации земель перестали производиться.

Все больше карьерной техники поставляется в Россию из других стран. Если в советские времена основным поставщиком карьерных самосвалов и другой техники была Беларусь, то сейчас им стала КНР, которая поставляет не только самосвалы, но и экскаваторы, и фронтальные погрузчики.

В КНР для быстрой установки пролетов мостов используются мостоукладочные машины, которые изобретены и запатентованы в СССР в 1970-х годах под названием «консольно-шлюзовой кран». В настоящее время в России в эксплуатации осталось несколько таких машин.

Причиной такой ситуации со строительно-дорожной техникой в России следует считать рыночные отношения в чистом виде, при которых участники вынуждены выживать в меру своих возможностей. В настоящее время продукция российских заводов СДМ не может конкурировать с китайской по цене, ибо она дороже. В частности, краны Zoomlion (КНР) имеют среднюю цену в РФ ориентировочно 0,55 млн. руб. за тонну грузоподъемности, а у отечественных кранов 0,52 – 0,67 млн. руб. за тонну грузоподъемности, причем большие значения характерны для кранов большей грузоподъемности. Это связано с тем, что в КНР более дешевая сталь, которая ввозится туда...из России, более дешевые покупные комплектующие изделия и экономия на масштабах, достигаемая за счет большой серии

продукции. Кроме того, и это самое главное, правительство КНР дотирует свою промышленность, за счет чего достигается мультипликативный эффект: экономика своего государства получает недорогую технику, а страна получает доходы от экспорта, закрепившись на внешних рынках. Таким образом, модель чистого капитализма в России показала свою несостоятельность. В КНР не бросают на выживание свои предприятия, а помогают им. То же самое делают в правительствах Франции и США, поддерживая национальные корпорации Airbus и Boeing. В России очень полезно перенять опыт тех стран, которые в этом плане достигли успеха в промышленности.

Тема строительно-дорожных машин в Минпромторге не развита и называется почему-то «Управление сельскохозяйственного, пищевого и строительно-дорожного машиностроения».

Для производства строительно-дорожных машин и, в первую очередь автокранов большой грузоподъемности, целесообразно создать государственную корпорацию «Строительно-дорожные машины», которая за счет масштабов и унификации агрегатов будет выпускать широкую номенклатуру СДМ, удовлетворяя потребности России в таких машинах.

Производство кранов большой грузоподъемности с телескопической стрелой и собственным шасси может быть организовано в РФ при поддержке правительства, когда государство или крупная строительная компания является не только крупным заказчиком, но и инвестором в программу создания производства. В качестве шасси целесообразно использовать КамАЗ-7850, переработанного под крановую установку.

Для создания собственного производства СДМ в России надо организовать тесное взаимодействие заказчика (Минстрой и Минтранс) и разработчика-производителя (Минпромторг), чтобы производители занимались созданием и производством всей номенклатуры СДМ, необходимой экономике России, а не выживанием в борьбе с многократно более сильными конкурентами из других стран и, в первую очередь, из КНР. Для этого необходима государственная программа с выделением не только денег, но и подготовкой специалистов, созданием своей конструкторской школы, воссозданием станкостроительной промышленности и, что самое главное – централизованное государственное управление.

Закономерности построения гидравлических автокранов с телескопической стрелой на основе анализа линейки кранов Liebherr и направления создания таких кранов в России

1. Функциональные характеристики кранов

Функциональными характеристиками крана являются те, что нужны заказчику: значения грузоподъемности при разных высотах подъема, вылета и радиуса, а также вторичные основные параметры крана (шасси): масса в транспортном положении, колесная формула, мощность двигателя, габариты крана в транспортном положении, внешний радиус поворота.

В реальных условиях эксплуатации кран чаще всего не способен поднять груз той массы, что соответствует максимальной грузоподъемности, поскольку это может быть сделано только на минимальном радиусе, соответствующем максимальному углу наклона стрелы 84 градуса, только сбоку между опорами вплотную к крану, а груз типичной плотности не может быть там геометрически размещен.

Общим интегрированным функциональным показателем для кранов можно считать грузовой момент – произведение расстояния по горизонтали от оси ОПУ до вертикальной оси грузозахватного приспособления. Значения грузового момента для разной длины стрелы и угла наклона не одинаковы. Максимальный грузовой момент достигается при одной выдвинутой секции и угле наклона 60 градусов. На других значения высоты и угла подъема значения грузового момента меньше по условиям опрокидывания и прочности. Самое малое значение грузового момента при максимальном радиусе и самом малом угле наклона стрелы, соответствует примерно 10 % от максимального грузового момента. Линейка кранов Liebherr имеет значения максимального грузового момента от 100 до 2700 т*м. При расчете крана на прочность и опрокидывание должен учитываться полный момент, являющийся суммой моментов от всех масс на соответствующих радиусах. В первую очередь, это момент от распределенной массы стрелы,

момент от груза и момент от противовесов. Можно вывести такой показатель эффективности, как КПД крана по грузовому моменту: отношение грузового момента к моменту от массы стрелы на данном вылете и угле наклона. На радиусе $1/5$ максимального кран поднимает 20 % максимального груза, на радиусе $1/4$ максимального радиуса – 13 % максимального груза, на радиусе $1/2$ максимального примерно 4 % от максимального груза, на максимальном радиусе около 1 % от максимального груза. Если надо поднять тяжелый крупный груз на приемлемом радиусе на умеренную высоту, то максимальная грузоподъемность крана должна быть примерно в пять раз больше массы груза. Для подъема легких грузов на большую высоту и большой вылет эти краны пригодны с обычной телескопической стрелой. Грузоподъемность на максимальной высоте составляет 4-6 % от максимальной при максимальном угле наклона стрелы. Для подъема грузов на большую высоту при большом радиусе используется длинный гусек на конце стрелы. Грузоподъемность крана на максимальном радиусе такого гуська составляет примерно 1 % от максимальной грузоподъемности крана. Для движения тяжелых кранов по дорогам общего назначения фирма Liebherr предусмотрела большие возможности по частичной разборке и быстрой сборке кранов с широким применением встроенных систем механизации без использования других кранов, обеспечивая осевую нагрузку 12 т.

2. Эффективность и стоимость

Основными параметрами кранов, влияющими на цену, можно считать грузоподъемность, вылет стрелы и массу крана без противовесов. При этом, чтобы рассчитать стоимость крана, потребуется для меньших значений размерности принимать большие удельные значения цены за массу или грузоподъемность, что связано с преобладанием в кранах меньшей размерности большей весовой доли дорогостоящего оборудования, а в

больших кранах его относительная доля меньше.

Таблица 2. Взаимосвязь проектных и стоимостных параметров кранов

ГП, т	Масса крана без противовесов, т	Вылет стрелы, м	Мостов, шт.	Весовая эффективность, т трансп. массы/т ГП	Цена, тыс. Евро ориентировочно
35	24	30	2	0,686	
50	36	38	3	0,720	
100	48	62	4	0,435	
150	60	66	5	0,320	
230	60	75	5	0,261	
300	72	90	6	0,240	2820
500	96 (124)	50	8	0,192	
650	115	54	8	0,137	
750	140	52	9	0,135	
1200 или 213*	160 или 183	48 или 100	9	0,083	

* Грузоподъемность 1200 т со стрелой Т3 массой 52 т. Со стрелой Т7 массой 75 т грузоподъемность 213 т.

Масса кранов в транспортном положении при движении по дорогам общего назначения от 24 до 108 т. Краны особо большой грузоподъемности перевозятся по дорогам общего назначения только в разобранном виде. Могут сниматься стрела, цилиндр подъема стрелы, лебедки, опоры. Секционные противовесы этих кранов перевозятся отдельно, поскольку масса противовесов порой превышает 200 т.

В целом, по мере увеличения размерности крана возрастает его весовая эффективность. Для подъема тонны груза требуется меньше массы тяжелого крана. В структуре стоимости оборудования крана в порядке убывания за кг массы можно расположить: электронная система контроля и управления, ДВС, гидравлическое оборудование, мосты и трансмиссия, ОПУ, лебедки, стрела, рама, платформа, противовес.

3. Габаритные размеры крана в транспортном положении

Краны укладываются в габариты шириной 3,0 м и высотой 4,0 м.

Краны грузоподъемностью до 100 т имеют ширину 2,55 м.

Краны грузоподъемностью от 110 т до 180 т имеют ширину 2,75 м.

Краны грузоподъемностью от 200 т имеют ширину 3,0 м.

Увеличение ширины крана по мере увеличения грузоподъемности обусловлено следующим:

- применением рамы более широкого профиля для данных нагрузок;
- требованием большего угла поворота наиболее отдаленных от центра поворота внутренних колес;
- применением стрелы более широкого профиля по мере увеличения грузоподъемности и числа секций;
- применением ОПУ большего диаметра по мере увеличения грузового момента крана;
- применением выносных опор поперечного расположения большей длины.

Краны большей грузоподъемности имеет более широкие стрелу, платформу, ОПУ, раму, на больших кранах два цилиндра подъема стрелы, разнесенные по ширине. Из всей линейки только кран грузоподъемностью 1200 т имеет габаритную высоту 4,4 м со стрелой, но перевозится в разобранном виде и укладывается в 4,0 м высоты. Длина самого большого крана 26,4 м. Длина стрелы по осям в сложенном положении составляет примерно 80 % длины крана. Длина колесной базы и число осей зависят от длины стрелы в сложенном положении и массы крана, поскольку в транспортном положении обеспечивается нагрузка 12 т на одну ось. Краны особо большой грузоподъемности имеют съемную стрелу на гидравлических опорах, которые снимаются при монтаже крана.

4. Стрела

Стрела является главным агрегатом крана, обеспечивая вылет и высоту подъема грузозахватного органа. Телескопическая овоидная

(овалоидная) стрела кранов имеет поперечный профиль в виде нижней полуокружности, и трапеции со скругленными гранями в верхней части. Овоидный (овалоидный) профиль применяется для снижения массы стрелы, механических напряжений в материале и уменьшения деформации стрелы. Телескопическая стрела работает в более неблагоприятных условиях нагружения по сравнению с решетчатой стрелой. Суммарный момент от массы стрелы на большом радиусе может быть больше момента от массы груза на этом же радиусе в несколько раз. Ось навески в верхней задней части стрелы соединена со стрелой трапециевидным днищем и имеет две проушины. Толщина стенок стрелы зависит от грузоподъемности, последующие секции имеют меньшую толщину листа. Стрелы кранов имеют от 4 до 8 секций. Овоидная стрела изготавливается из двух частей (верхней и нижней) на листогибном прессе, а затем сваривается. Радиусная гибка листа может производиться как в несколько приемов, образуя граненную поверхность, так и в один прием с помощью матрицы и пуансона соответствующих размеров. Для уменьшения напряжений растяжения на края пуансона устанавливаются ролики, благодаря чему трение скольжения преобразуется в трение качения. Толщина нижней части несколько больше, чем верхней. Между секциями выдерживается зазор для размещения скользящих опор. Во впадине днища закреплен гидроцилиндр выпуска стрелы.

Выпуск секций стрелы кранов меньшей размерности осуществляется одним или двумя гидроцилиндрами с полиспастной системой, установленным (установленными) внутри стрелы.

На кранах большой грузоподъемности для выпуска стрелы применяется система «Телематик» без полиспастов, где секции захватываются и фиксируются в определенных положениях выдвижными пальцами, входящими в отверстия секций под действием пружин, и убираемыми гидравликой. При этом гидроцилиндр последовательно захватывает и выдвигает следующие секции, совершая возвратно-поступательные

движения. Гидроцилиндр выпуска стрелы расположен так, что его шток обращен назад и упирается в днище первой секции стрелы. В задней части цилиндра расположены устройства захвата секций с выдвигаемыми пальцами. «Телематик» позволяет устанавливать вылет стрелы только в заранее установленные фиксированные положения, соответствующие взаимному расположению пальцев и отверстий в секциях стрелы. Грузоподъемность крана в промежуточных положениях ограничена устойчивостью цилиндра выпуска стрелы.

Передняя часть каждой секции усилена овоидным (овалоидным) поясом. В районе передней части предыдущих секций и задней части последующих секций размещены скользящие опоры. Задняя часть секций усилена внутренней вставкой. В транспортном положении стрела может устанавливаться с углом примерно - 0,5 градуса, чтобы уменьшить высоту наголовника и пояса в передней части. Наголовник снабжен одним или двумя верхними роликами и несколькими нижними роликами, что позволяет совместно с подвижным блоком и крюком создать многократный полиспаут для подъема грузов большой массы. Нижняя ось наголовника может опираться не на две, а на четыре проушины, чтобы увеличить число плоскостей среза и предотвратить боковые проушины от смятия, а ось от изгиба. Длина стрелы линейки кранов от 30 до 100 м. Длина стрелы в сложенном положении от 9,4 м на самом легком кране до 18,275 м на самом тяжелом кране. Для производства овоидной стрелы нужен листогибный пресс длиной от 9 м до 16 м с усилием до 2500 т. Секции стрелы кранов имеют толщину листа от 5 до 20 мм. Каждая последующая секция имеет массу примерно от 95 до 85 % от предыдущей по мере возрастания номера секции и уменьшения толщины листа следующей секции. Отношение длины сложенной стрелы (по осям) к максимальному вылету находится в районе от 0,163 до 0,36 и зависит от вылета стрелы и числа секций. Самое малое отношение характерно для стрел с большим числом секций и большим вылетом. При полном вылете последующая секция остается в

предыдущей на расстояние, примерно равное 1,5 – 2,0 высотам профиля первой секции стрелы. Стрела с меньшим числом более длинных секций применяется в случае, когда нужно получить большую грузоподъемность, но на меньшем вылете. Высота профиля стрелы увеличивается от 0,675 м до 1,83 м по мере увеличения грузоподъемности. Относительная ширина профиля стрелы меняется от 0,79 до 1,0. Наиболее частое значение 0,85. Удлинение стрелы, как отношение длины сложенной стрелы к высоте профиля первой секции, уменьшается от 14 до 10 по мере увеличения грузоподъемности и зависит также от числа секций. Удельная масса стрелы к транспортной массе крана от 0,35 до 0,43, причем большие значения характерны для стрел с большим вылетом и числом секций. Стрела Т7, имеющая восемь секций, крана LTM 11200 весит 75 т, а стрела Т3, имеющая четыре секции, этого же крана весит 52 т. Стрелы кранов большой грузоподъемности перевозятся отдельно, причем возможна перевозка отдельно как всей стрелы, так и отдельных секций. Для быстрой сборки крана и стрелы применяется ряд приспособлений (гидравлические опоры стрелы, центральная опора крана в задней части рамы, раздвижные полуприцепы для перевозки стрелы, гидравлическая насосная станция, транспортировочные ложементы, подвижный ложемент). Совместно со стрелой применяется большая номенклатура стрелового оборудования, которое позволяет увеличить грузоподъемность, высоту подъема и радиус работы крана. Отношение момента сопротивления сечения первой секции стрелы к максимальному грузовому моменту ориентировочно 35 см³/т*м. Предел текучести материала стрелы 110 кг/мм².

5. Оттяжка

Оттяжка применяется на кранах грузоподъемностью от 350 т и позволяет увеличить грузоподъемность крана только на больших вылетах, где его грузоподъемность относительно мала. Оттяжка позволяет увеличить вылет стрелы при работе с малыми углами наклона. Оттяжка устанавливается в виде

буквы V на верхнюю часть первой секции стрелы на специальные кронштейны. Троса оттяжки одинакового натяжения подкрепляют верхние секции выдвинутой стрелы от разрушения при изгибе под массой груза и собственного веса секций стрелы. Оттяжка применяется, начиная с первой трети длины выдвинутой стрелы. Ее эффективность по повышению грузоподъемности возрастает по мере увеличения длины стрелы. Наибольшая эффективность оттяжки достигается на максимальном вылете при угле наклона 45 градусов. В этом положении грузоподъемность увеличивается более, чем в 4 раза. Эффективность оттяжки по мере уменьшения вылета уменьшается и в приближении к 1/3 вылета стрелы сходит на нет. На 3/4 вылета стрелы при любых углах наклона оттяжка повышает грузоподъемность в 2-3 раза. На 1/2 вылета оттяжка повышает грузоподъемность в 1,2 – 1,5 раза. Оттяжка переводит поперечные силы, действующие на стелу, в продольные силы, разгружает стрелу от изгибающего момента, но подгружает ее дополнительной сжимающей нагрузкой. Кроме того, оттяжка подгружает поперечной силой и изгибающим моментом первую секцию стрелы, для чего первая секция делается усиленной. Перевозиться оттяжка может, как отдельно, так и вместе со стрелой. Масса оттяжки составляет примерно 1/4 массы стрелы.

6. Лебедки и троса

Краны могут иметь до трех лебедок с приводом от аксиально-плунжерного гидромотора с планетарным редуктором. Грузовые лебедки расположены на задней части поворотной платформы, предназначены для подъема груза на основной стреле или гуське, управления гуськом. На кранах большой грузоподъемности задняя часть поворотной платформы с лебедками выполняется съемной.

На кранах последних моделей применяются не стальные троса, а троса из высокопрочных и эластичных полимерных волокон, возможно, арамидного волокна с контрольным слоем. Троса из полимерных волокон позволяют

снизить массу крана, повысить его срок службы, увеличить грузоподъемность, уменьшить расход энергии на деформацию троса, увеличить производительность крана. Такой трос не требует смазки, не пачкает кран, легко монтируется без дополнительных приспособлений, ровно наматывается на барабан, не вызывает существенного износа роликов, не впитывает воду, не подвержен коррозии.

7. Поворотная платформа

Поворотная платформа соединяет в один агрегат стрелу, цилиндр подъема стрелы, грузовые лебедки, противовесы и кабину установки. На ней расположено гидравлическое оборудование. Поворотная платформа состоит из нижнего опорного листа, к которому крепятся два вертикальных листа, подкрепленные коробчатыми усилителями снаружи по верхнему краю и внутри по нижнему краю. К опорному листу снизу крепится ОПУ на болты. К опорному листу крепится механизм поворота платформы с гидромотором (возможны два механизма), механизм стопорения платформы, другие агрегаты. К двум вертикальным листам крепятся проушины навески стрелы, усиленные накладками, грузовая лебедка (лебедки), узлы навески противовесов, в том числе поворотные. На кранах грузоподъемностью 1200т применяется выдвижная рама противовеса. Проушин навески стрелы может делаться четыре для увеличения числа плоскостей среза, при этом стрела навешивается на два пальца. Для механизации съема и установки стрелы пальцы ее навески выдвигаются и вставляются с помощью гидравлических механизмов. К пересечению опорного листа и вертикальных листов на переднем краю платформы крепится поперечная балка и проушины навески цилиндра (цилиндров) подъема стрелы. Плоскостей среза цилиндра навески стрелы может быть не две, а четыре в связи с большой нагрузкой. При этом внутренние проушины делаются половинчатыми, которые воспринимают только сжимающую нагрузку. Расстояние между осью ОПУ и осью стрелы по мере увеличения грузоподъемности крана уменьшается от 2,3 - 3,2 до

1,2 - 1,5 м. Высота от рамы шасси до оси навески стрелы у большинства кранов находится в районе от 1,64 до 1,8 м и немного уменьшается по мере увеличения грузоподъемности крана. Расстояние между вертикальными листами платформы обусловлено шириной первой секции стрелы и усилительными накладками. Краны большой грузоподъемности имеют большую длину платформы в целях увеличения момента от противовеса. Масса поворотной платформы с оборудованием и ОПУ без цилиндра подъема стрелы и противовесов составляет примерно 12 % массы крана. Масса всей крановой установки выше ОПУ (включительно) составляет примерно 55-60 % массы крана без учета противовесов. Масса крановой установки плюс съемные опоры равна ориентировочно 65 % массы крана.

8. Опорно-поворотное устройство

Опорно-поворотное устройство служит для шарнирного закрепления поворотной платформы на раме с возможностью поворота платформы на 360 градусов с передачей сил и моментов. Опорно-поворотное устройство высоты в районе 0,15 м, имеет диаметр тем больше, чем больше грузоподъемность крана. Диаметр ОПУ возрастает от 1,45 до 3,0 м по мере увеличения грузоподъемности и ограничено габаритной шириной крана. ОПУ состоит из внутреннего и внешнего колец, между которыми в проточки (одну или две) уложены тела качения (шарики или перекрестные цилиндрические ролики) с сепарирующими пластиковыми вставками. Одно из колец (внешнее или внутреннее) имеет зубчатый венец, выполненный вместе с кольцом. Передача цилиндрическая прямозубая. В верхней и нижней части колец нарезаны канавки для установки уплотнения, предотвращающего вытекание смазки и попадание в подшипник воды и грязи. Верхнее и внутреннее кольцо имеют отверстия для установки болтов крепления ОПУ к раме и поворотной платформе. Диаметр нижнего кольца, как правило, больше, чем верхнего. На нижнее кольцо действует нагрузка во все стороны, на верхнее кольцо – в основном, в продольной вертикальной

плоскости поворотной платформы. Это вынуждает делать опорную площадку рамы большего диаметра, чем опорную площадку платформы. При сборке крана вначале к поворотной платформе прикручивается верхнее кольцо ОПУ, затем платформа с помощью крана устанавливается на раму шасси уже вместе с ОПУ. Болты крепления нижнего кольца ОПУ к раме ставятся сверху. При этом для доступа к болтам платформа проворачивается. Болты верхнего и нижнего колец ОПУ вкручиваются в тело поворотной платформы и рамы без гаек.

9. Противовесы

Противовесы сменные секционные. В транспортном положении они расположены у кранов умеренной грузоподъемности на заднем краю поворотной платформы, а на тяжелых кранах на площадке между моторным отсеком и поворотной платформой. На кранах особо большой грузоподъемности противовесы перевозятся отдельно, поскольку их масса превышает массу крана. В рабочее положение противовесы переводятся при повороте платформы назад и захвате специальными гидроподъемниками из поворотных узлов навески. На особо тяжелых кранах противовесы поднимаются собственными лебедками с грузовой платформы. Отдельная от платформы перевозка противовесов сделана для уменьшения габаритной длины крана и возможности быстрой установки противовесов разной массы. Удельная масса противовесов от 0,16 до 0,33 т/т грузоподъемности. Большие значения характерны для кранов большей грузоподъемности. Масса противовесов линейки кранов от 5,5 т на кране грузоподъемностью 35 т до 202 т на кране грузоподъемностью 1200 т. Радиус противовеса увеличивается от 3,15 до 9,15 м по мере возрастания грузоподъемности крана. С помощью вращения противовесов вокруг вертикальных осей достигается разный момент, поскольку это передвигает их центр масс вперед-назад.

10. Цилиндр подъема стрелы

Цилиндр подъема стрелы позволяет поднимать, опускать и удерживать стрелу на любых разрешенных значениях грузоподъемности, угла подъема (до 84 градуса) и вылета.

На кранах меньшей размерности задняя ось цилиндра подъема стрелы расположена позади оси ОПУ. На кранах большей размерности задняя ось цилиндра подъема стрелы расположена в районе переднего края ОПУ. Передняя ось цилиндра подъема стрелы расположена ближе к задней части двигателя шасси. Место крепления цилиндра подъема к стреле усиливается ребрами. Ограничением спереди является моторный отсек или кабина, над которыми невозможно расположить цилиндр большого диаметра. На кранах особо большой грузоподъемности (от 450 т) ставится два гидроцилиндра подъема стрелы, поскольку гидроцилиндр большого диаметра невозможно разместить между рамой шасси и стрелой с высоким профилем. На кранах грузоподъемностью 750 и 1200 т гидроцилиндры подъема стрелы расположены по бокам от стрелы. Диаметр цилиндра подъема стрелы от 250 до 600 мм увеличивается по мере возрастания грузоподъемности крана. Применение двух цилиндров вместо одного позволяет несколько уменьшить диаметр цилиндров. На кранах, у которых стрела перевозится отдельно, цилиндры подъема стрелы снабжены механизмом подъема и опускания на основе небольшого гидроцилиндра, установленного на платформе. Пальцы навески цилиндра подъема стрелы вставляются и вынимаются с помощью встроенных гидравлических устройств, обеспечивая механизацию.

11. Шасси и рама

Концептуально шасси Liebherr ориентировано на движение крана по автодорогам общего назначения с высокой скоростью, нагрузкой на ось 12 т и хорошую маневренность, а не на высокую проходимость по плохим дорогам. Это связано с условиями применения целевого рынка.

Все краны Liebherr серии LTM монтируются только на базе специальных шасси, созданных специально для монтажа крановой установки, поскольку это позволяет адаптировать шасси под требования крана.

Шасси, базовым элементом которого является рама, предназначено для монтажа на него крановой установки и придания крану свойства мобильности с обеспечением движения крана по автомобильным дорогам. На расстоянии от $\frac{2}{3}$ до $\frac{3}{4}$ от начала рамы устанавливается ОПУ с крановой установкой. Спереди и сзади от ОПУ установлены опоры крана. В передней части расположены кабина шасси и двигатель шасси. Краны имеют от двух до девяти мостов, из них от двух до четырех ведущих. Нагрузка на длину колесной базы от 6,7 до 13 т/м возрастает по мере увеличения массы крана.

Длина колесной базы к длине сложенной стрелы от 0,35 до 1 возрастает по мере увеличения размерности крана. Рама всей линейки кранов трапецевидного сечения шириной 1,2 м, высотой от 0,6 до 1,2 м, где ширина нижней полки меньше, чем верхней. Трапецевидный профиль рамы сделан для обеспечения поворота управляемых колес, максимальная ширина которых находится в районе нижней полки рамы. Максимальный угол поворота внутреннего переднего управляемого колеса кранов большой грузоподъемности, имеющих шесть осей и более, доходит до 45 градусов. Это обуславливает ширину рамы в нижней части. Для поворота колес рама в передней и задней нижней части имеет сужение. Угол поворота переднего внутреннего колеса кранов с меньшим числом осей, в том числе и имеющих меньшую габаритную ширину, меньше и может доходить до 33 градусов. Высота поверхности рамы от земли от 1,648 до 2,055 м увеличивается по мере увеличения массы крана. На кранах особо большой

грузоподъемности рама переменная по высоте в целях расположения как можно ниже платформы с высокой в профиле стрелой. Толщина стенок рамы увеличивается по мере увеличения грузоподъемности. Рама имеет внешние наклонные стенки и внутренние вертикальные стенки, причем в передней части рамы в районе расположения двигателя внутренних вертикальных стенок нет. Расстояние между внутренними стенками ориентировочно 0,6 м, что сделано для расположения раздаточной коробки внутри рамы, а также для крепления кронштейнов подвески мостов. Поперечные стенки рамы расположены в районе парных узлов навески реактивных штанг мостов, в районе проушин крепления стоек подвески и в районе усилителей под опорно-поворотным устройством. Внутренние листы рамы имеют большие прямоугольные вырезы со скругленными краями для облегчения, обеспечения сварки и размещения оборудования. Верхний и нижний листы рамы имеют овальные вырезы. Верхние вырезы оборудованы для хранения строп. Вырезы расположены над редукторами мостов. Рама имеет ряд внутренних поперечных листов с вырезами со скругленными краями. Поперечный набор устанавливается в районе расположения кронштейнов подвески и усилителей под ОПУ. Внешние листы кронштейнов подвески совпадают с внешними листами рамы, а внутренние листы кронштейнов совпадают с внутренними листами рамы. Смещение ОПУ относительно центра рамы назад обусловлено стремлением расположить в габаритной длине крана длинную стрелу без существенного выноса вперед. При этом ось вращения платформы расположена вблизи центра между опор по продольной оси. Как правило, расстояние от передних опор до оси вращения платформы несколько больше, чем до задних. Это продиктовано стремлением уменьшить заднюю часть рамы от оси платформы до заднего габарита. В районе крепления ОПУ верхняя полка рамы выполнена из усиленного листа большей толщины. Под листом крепления ОПУ установлены вертикальные поперечные и наклонные ребра жесткости, образующие коническую поверхность, которые с боков крепятся сваркой к наклонным

стенкам рамы. В районе вертикальных ребер жесткости установлены внутренние поперечины рамы. В задней части рамы приварены поперечно два короба выносных опор по всей высоте. В средней части рамы (в свесе или между колесами) приварены два короба передних выносных опор. Короба имеют сквозные отверстия для опор. Передние короба имеют меньшую высоту для того, чтобы в промежутке между верхним краем рамы и верхним краем короба передней опоры проходил карданный вал от раздаточной коробки к редуктору в центре поворотной платформы. На кранах с ДВС на поворотной платформе или кранах с опорами впереди двигателя короба передних опор могут иметь такую же высоту, как и задние. Короба передних опор ослабляют раму в средней части, поэтому под ними расположены продольные усилители. На кранах большой грузоподъемности, где предусмотрена отдельная перевозка стрелы, в задней средней части рамы устанавливается дополнительная пятая опора. На кранах LTM 1650 короба задних опор выполнены съемными. На ряде больших кранов предусмотрена отдельная перевозка опор. На кранах особо большой грузоподъемности опоры выполнены поворотно-выдвижными и места их навески находятся вблизи ОПУ – спереди и сзади от колес двухосной тележки под ОПУ. Основная нагрузка на раму при раскладывании стрелы и подъеме грузов приходится на участок между опорами. Большие нагрузки и изгибающие моменты на переднюю часть рамы возникают при движении по неровным дорогам, при поворотах и буксировке. В передней части рамы приварены кронштейны кабины в виде перевернутой буквы «Г», чтобы расположить кабину под стрелой высокого профиля, не увеличивая габаритную высоту крана. К передней части этих кронштейнов крепится буксирный прибор и петли навески строп крепления крюка в транспортном положении. Расстояние от оси ОПУ до задней оси крана увеличивается от 0,93 до 5,53 м по мере увеличения длины шасси. Колесная база увеличивается от 3,58 до 16,97 м по мере увеличения длины шасси и числа осей. За кабиной расположена опора стрелы.

Масса шасси крана без учета ОПУ составляет примерно 40-45 % массы крана без учета противовесов.

Предел текучести материала рамы 96 кг/мм².

12. Выносные опоры

Опоры выносные телескопические гидравлические. В выдвинутом виде расстояние между осями опор по длине и ширине примерно равно. По длине оно может быть несколько больше за счет расстояния от передних опор до оси платформы. В разложенном виде расстояние между центрами опор по ширине увеличивается от 6 до 13 м по мере возрастания грузоподъемности крана. Расстояние между центрами опор по длине также возрастает по мере увеличения грузоподъемности крана и варьируется от 6,3 до 13 м. Отношения расстояния передней опоры до оси ОПУ к продольному расстоянию между осями опор изменяется от 0,67 до 0,54. Отношение ширины к длине между центрами опор изменяется от 0,79 до 1,06. В каждом коробе по две опоры (передняя и задняя) выпускаются в противоположные стороны. На кранах грузоподъемностью до 90 т применяются односекционные опоры. На кранах грузоподъемностью от 90 т каждая опора имеет две выдвижные секции. Внутри секций расположен гидроцилиндр выпуска и опорная цепь РВД управления цилиндром подъема опоры. К внешнему краю внешней секции болтами крепится гидроцилиндр подъема опоры. На кранах большой грузоподъемности, где предусмотрена отдельная перевозка стрелы, в задней средней части рамы устанавливается дополнительная пятая опора. На кранах грузоподъемностью 750 т и 1200 т опоры выполнены поворотными-выдвижными. В сложенном виде поворотные-выдвижные опоры располагаются над колесами, что требует увеличения высоты крана, поскольку нижний край поворотной платформы должен обходить опоры при любом угле поворота. Опорные листы расположены внизу коробов опор и устанавливаются вручную перед монтажом крана. На больших кранах под опорные листы заранее устанавливаются опорные

площадки большого размера для уменьшения давления на грунт. Масса съемных частей опор без учета коробов в составе рамы составляет примерно 8 % массы крана или 20 % массы шасси.

13. Оси шасси

Под каждый типоразмер крана Liebherr делает свое шасси:

- два двухосных шасси для кранов грузоподъемностью 35 и 40 т,
- три трехосных шасси для кранов грузоподъемностью 50-60 т,
- три четырехосных шасси для кранов грузоподъемностью от 70 до 120 т,
- пять пятиосных шасси для кранов грузоподъемностью от 100 до 230 т,
- два шестиосных шасси для кранов грузоподъемностью 300 и 350 т,
- три восьмиосных шасси для кранов грузоподъемностью от 450 до 650 т,
- два девятиосных шасси для кранов грузоподъемностью 750 и 1200 т.

Мосты однотипные с осевой нагрузкой 12 т для движения по автодорогам общего назначения. При движении по стройплощадке осевая нагрузка может быть до 23 т. Возможны как полноприводные варианты (колесная формула 4x4, 6x6), так и с не ведущими мостами (колесная формула 8x6, 10x8, 12x8, 16x8, 18x8). Liebherr не делает больше четырех ведущих мостов на любое шасси. Это связано с тем, что полноприводное многоосное шасси потребует усложнения трансмиссии и увеличения радиуса разворота. Один из мостов полноприводной тележки оборудуется межосевым дифференциалом и проходным валом. Все мосты имеют управляемые колеса. Углы поворота внутренних колес могут достигать до 45 градусов. Управление возможно как по радиусу, так и крабовым ходом для передвижения вдоль-вбок. Возможно управление только колесами задних осей для заезда задним ходом. Внутренний радиус поворота увеличивается от 2,2 до 7,3 м в зависимости от длины базы. Внешний радиус поворота по стреле увеличивается от 10 до 19,3 м в зависимости от длины базы и стрелы. Радиус поворота по оси внешнего переднего колеса от 8,55 на двухосном шасси до 14,66 м на девятиосном шасси. При повороте задних осей этот радиус от 4,915 на

двухосном до 13,1 м на девятиосном шасси. Это гораздо меньше, чем радиусы поворота отечественных специальных шасси, где все мосты ведущие и очень широкие шины, из-за чего ограничен угол поворота управляемых колес. Неведущие мосты имеют балку U-образной формы, которая применяется для того, чтобы обойти карданные валы, а также раму высокого профиля под ОПУ, которая применяется на кранах особо большой грузоподъемности. На таких кранах три задних моста выполняют неведущими. Передняя тележка управляется гидроусилителем с рычагами и тягами. Средняя и задняя тележки имеют независимое гидравлическое управление. Все мосты имеют жесткую балку и зависимую подвеску на двух нижних продольных и двух верхних V-образных реактивных штангах, которые сходятся к мосту. Упругими элементами подвески являются гидрогазовые стойки с регулировкой высоты. Тормоза как барабанные, так и дисковые с пневматическим приводом и энергоаккумуляторами. Шины на выбор размером: 385/95R 25 (14R25), 445/95R25 (16R25), 525/80R25 (20,5R25). Для этих трех размеров шин существуют варианты колеи колес:

- в габаритной ширине 2550 мм: 2160, 2100, 2170;
- в габаритной ширине 2750 мм: 2360, 2300, 2320;
- в габаритной ширине 3000 мм: 2610, 2550, 2570.

Главная передача двойная: центральная пара и планетарные передачи в ступицах колес. Максимальная скорость крана в районе 75-85 км/ч. Коробка передач автоматическая многоступенчатая с ретардером. Между АКПП и раздаточной коробкой установлен короткий карданный вал. Верхний выход между рамой и передней опорой, нижний выход – под рамой на уровне ведущих валов мостов. На раздаточной коробке установлен насос управления выносными опорами. На раздаточной коробке или редукторе моста устанавливается вихретоковый замедлитель Тельма. Мосты являются типовыми унифицированными агрегатами, ставящимися на краны разной грузоподъемности.

14. Двигатели шасси и крановой установки

Дизельный двигатель шасси мощностью 280-686 л.с. в зависимости от массы крана, установлен за кабиной между стенками рамы. Удельная мощность двигателя шасси от 11,7 до 6,86 л.с./т массы крана в транспортном положении уменьшается по мере увеличения массы крана. Удельная мощность двигателя крановой установки 0,7 и 0,27 л.с./т груза уменьшается по мере увеличения грузоподъемности. Слева и справа от двигателя выше рамы расположены радиатор двигателя и охлаждения надувочного воздуха, выхлопная система, топливный бак, гидробак, радиатор охлаждения масла. Двигатель крановой установки с оборудованием установлен на моделях грузоподъемностью 350 т (245 л.с.) и 1200 т (367 л.с.) на поворотной платформе. На многих моделях для привода насосов крановой установки, расположенных на поворотной платформе, используется двигатель шасси, момент от которого передается на коробку приводов платформы через раздаточную коробку шасси, карданные валы, два угловых редуктора и вертикальный вал по оси ОПУ. Причиной использования только двигателя шасси является стремление уменьшить себестоимость крана. Чтобы расположить над двигателем стрелу высокого профиля (0,7 - 1,8) м высотой и уложиться в 4,0 м высоты габарита, высота верхней части двигателя не превышает расстояния (2,8 - 2,2) м от земли соответственно. Чем больше высота профиля стрелы, тем сильнее прижат к земле двигатель.

15. Кабина шасси

Кабина шасси двухместная по всей ширине крана с центральным пультом, на упругой подвеске, эргономичная с выносными пультами без кабелей, с кондиционером. Каркасы и оборудование кабин могут быть унифицированы по трем типоразмерам ширины. Для обеспечения габаритной высоты крана 4,0 м при расположенной над кабиной стрелой высокого профиля (0,7 - 1,8) м высота крыши кабины от земли не превышает (2,8 - 2,2) м от земли соответственно. Чем больше высота профиля стрелы, тем ниже высота

кабины. На кранах грузоподъемностью 750 и 1200 т низ подрамника под кабиной находится на расстоянии 0,4 м от земли, а передний угол проходимости находится в районе 10 – 11 градусов.

16. Кабина крановой установки

Кабина крана качающаяся в вертикальной плоскости, может поворачиваться вверх примерно до 20 градусов для улучшения обзора машинистом. Кабина оснащена системой контроля и управления, джойстиком и кондиционером. На кранах грузоподъемностью от 300 т кабина расположена на откидной стреле, которая может опускаться кабину до уровня земли для посадки машиниста, и поднимать выше уровня платформы для лучшего обзора. Кабины крановых установок могут быть унифицированы.

17. Антикоррозийная обработка и окраска

Металлические конструкции крана (стрела, платформа, рама, опоры, кабины) проходят антикоррозийную обработку на линии погружного катафорезного грунтования. Все краны окрашиваются в ярко-желтый золотистый цвет с отдельными черными элементами, что способствует их узнаванию и устойчивому образу «пчелиной окраски». Заводской знак Liebherr наносится на капоты моторного оборудования слева и справа от двигателя, а реклама владельца крана наносится, в основном, на первую секцию стрелы.

18. Гидравлическое оборудование

Гидравлическое оборудование состоит из следующих частей: насос привода гидравлических опор (на раздаточной коробке шасси), насосы переменной подачи на коробке приводов платформы; цилиндр подъема стрелы, цилиндр выпуска стрелы, гидромотор поворота платформы, стопор платформы, гидромоторы грузовых лебедок, гидроцилиндр подъема кабины, гидроцилиндр поворота стрелы кабины, гидроцилиндры подъема противовесов, гидроцилиндры выпуска опор, гидроцилиндры подъема опор;

распределители; гидробак; система охлаждения масла; система индикации и управления. Особенность гидросистемы в том, что для каждого рабочего органа используется свой насос переменной подачи, а гидравлические распределители для основных рабочих органов не применяются. Это позволяет сделать управление более точным, сгладить пульсации давления в системе и повысить ее ресурс, но увеличивает стоимость. Основным объемом потребителей гидросистемы составляют цилиндр выпуска стрелы и цилиндр подъема стрелы. Полный объем гидросистемы на кранах большой размерности может достигать нескольких кубометров.

19. Система контроля и управления

Система контроля и управления имеет в памяти ЭБУ конфигурации крана (с разным стреловым оборудованием, разными противовесами) и его модель функционирования, собирает данные в состоянии крана (угол наклона стрелы, вылет стрелы, масса груза, вылет опор, угол поворота, скорость ветра и пр.) и принимает решение о выдаче команд управления или блокировке движения крана по условиям безопасности. Система управления выдает рекомендации машинисту о действиях и ограничениях на основе грузовой диаграммы. Система управления и контроля выдает рекомендации машинисту и команды управления, а также записывает параметры состояния крана и ведет учет наработки. Возможен выбор приоритета машиниста над системой управления.

20. Управление жизненным циклом и логистическая поддержка

Для УЖЦ разработана соответствующая система интегрированной логистической поддержки, которая во взаимодействии с встроенной системой контроля позволяет оперативно выявлять дефекты и снабжать парк кранов комплектующими изделиями, документировать работы, систематизировать их результаты на основе сбора статистических материалов по надежности. Система сервисного обслуживания позволяет

производить ТОиР кранов на выезде. Система сервисного обслуживания и ремонта кранов является дополнительным источником дохода Liebherr.

21. Обучение персонала

Для качественной эксплуатации и ТОиР создана система технического обучения персонала. На сайте фирмы выложены технические и грузовые характеристики моделей кранов, инструкции по транспортировке и монтажу. Продается фирмой более объемная литература такая, как каталоги запасных частей и руководства по эксплуатации.

О создании производства телескопических автокранов большой грузоподъемности на специальном шасси в России

22. Создание системы

Общий алгоритм создания системы выглядит, как решение задачи функционально-структурно-параметрической оптимизации, где надо привести в экстремальное значение целевую функцию создаваемой системы на множестве условий применения путем выбора необходимых функциональных свойств, а также структуры системы и вариаций проектных параметров. До начала создания важно выбрать и количественно описать функции системы, а затем критерии эффективности, ибо они направляют процесс создания и ведут к выбору структуры и проектных параметров создаваемой системы. Важно на этапе внешнего проектирования написать реализуемое ТТЗ и не пытаться предъявить к системе все требования одновременно, ибо задача многокритериальной оптимизации – это ряд сложных компромиссов, поэтому надо выделить главное. Функциональные свойства системы зависят от условий применения и определяют ее проектные параметры. В процессе создания определить типовой сценарий работы системы, расписав основные выполняемые операции, определить

программу функционирования его систем, мощности потребителей и графики нагрузок энергетических систем.

23. Маркетинговые исследования

В результате маркетинговых исследований определить:

- потребности целевого рынка и возможность зайти на его ниши с новым продуктом;
- объем и прогноз промышленного, транспортного и жилищного строительства;
- заинтересованные стороны;
- конкурентное окружение;
- политика правительства государства, региона для удовлетворения потребности в кранах;
- возможные заказчики и их профиль работы в части кранов;
- номенклатура кранов целевого рынка сбыта;
- основные виды и характеристики грузов (назначение, масса, размеры, расположение, способ зацепления, требуется ли переворот, траверсы и их масса, условия транспортировки и монтажа);
- условия применения (осевая нагрузка, разрешенная масса и габариты автодорог, размеры стройплощадок, несущая способность грунтов, условия подъезда, температура, осадки);
- функциональные параметры (грузоподъемность на радиусе и высоте);
- основные типоразмеры линейки кранов, шаг грузоподъемности и вылета стрелы;
- кривая обесценивания по годам (мото-часам) на вторичном рынке;
- распределение долей выпуска по моделям.

Таблица 1. Основные требуемые результаты маркетинговых исследований

Марка/модель	
--------------	--

Грузоподъемность	
Вылет стрелы	
Грузовой момент	
Масса без противовеса	
Масса с противовесом	
Цена крана	
Объем продаж, шт. по стране, регионам в год предприятиям	
Себестоимость смены	
Цена смены (среднерыночная)	
Цена подъема т груза	
Срок окупаемости крана	
Средняя наработка за год, м.ч.	
Доля работы шасси/кран, м.ч./м.ч или км/м.ч.	
Назначенный ресурс и срок службы	
Межремонтный ресурс и срок службы	
Стоимость капитального ремонта	
Доходы производителя от ТО и Р (СО)	

24. О ТТЗ на ОКР

После проведения маркетинговых исследований формируется ТЗ на ОКР по созданию линейки кранов, где варьируемыми параметрами будут

грузоподъемность, вылет, радиус, масса крана в транспортном положении, а шасси создается путем изготовления рам разной длины и прочности, но с применением однотипных мостов с осевой нагрузкой 12 т. Возможно применение линейки однотипных агрегатов трансмиссии, подвески, гидравлического оборудования. Определить расчетные случаи нагружения. Не следует перегружать ТЗ ненужными явно избыточными требованиями, а также писать ТЗ под исполнителя СЧ ОКР, ибо в основе создания должна быть реализация требований верхнего уровня, а не попытка угодить соисполнителям. В основе каждого требования должен лежать функциональный анализ, насколько реализация этого требования позволяет выполнять целевые функции изделия.

25. О технико-экономическом обосновании (бизнес-плане)

Составить ТЭО, где определить стоимость программы создания. Определить рентабельность проекта, срок окупаемости. Рассматривать программу не только со стороны разработчика и производителя. Но и со стороны покупателя и эксплуатирующих организаций. Структура стоимости программы состоит из трех основных этапов: создание, постройка серии и эксплуатация. Трудоемкость, продолжительность и стоимость: разработки, подготовки производства (территория, здания, оборудования), стендов, разработки СЧ (ПКИ), постройки опытных образцов, стендовых, ходовых и грузовых испытаний, сертификации, серийного производства линейки, эксплуатации парка, организации УЖЦ и системы ТОиР экземпляра и парка, обучения персонала. В структуре цены программы выделить собственные затраты и услуги сторонних организаций, НДС и прибыль. Определить структуру цены крана в виде: материалы, ФОТ, накладные, ТЗР, ПКИ, НДС, прибыль. Определить структуру цены СЧ: рама, мосты, трансмиссия, ДВС шасси, подвеска, кабина шасси, ОПУ, поворотная платформа, стрела, ГЦ подъема, ГЦ выдвижения, коробки приводов, опоры, гидравлическое оборудование, система электроснабжения, ДВС крана, система управления.

Определить структуру эксплуатационных расходов и показать продукцию покупателю с его точки зрения. Определить стоимость системы сервисного обслуживания. Определить по каждому виду СЧ (ПКИ) основной проектный параметр (масса, объем, площадь и пр.), от которого может зависеть его цена, как функция проектного параметра.

26. Производство кранов

Создание производства тяжелых кранов основано на эффекте масштаба, унификации и взаимозаменяемости типовых СЧ таких, как мосты, элементы трансмиссии, ОПУ, гидравлическое оборудование, кабины и система управления. Производство полного цикла на одном заводе нецелесообразно ввиду множества предприятий производственной кооперации, большой номенклатуры деталей и разных типов производства. Однако, как минимум, на таком заводе должны быть, кроме главного сборочного цеха, автоматические линии лазерной или плазменной резки толстого листового металла в несколько потоков, длинномерный листогибный прессы для производства овоидных стрел, автоматические сварочные линии в несколько потоков, производство ОПУ и гидравлического оборудования.

Завод Liebherr в Эхингине (ФРГ), имеет территорию 0,85 км² и общую площадь зданий 0,24 км², 3000 работников, поскольку его проектная мощность 1400 кранов в год, он выпускает большую линейку продукции разного исполнения и назначения, занимая 45% мирового рынка тяжелых кранов на специальном пневмоколесном шасси. Основная сложность создания такого завода будет не в строительстве комплекса зданий и даже не в закупке и наладке оборудования, а в подготовке специалистов необходимой квалификации и создании конструкторской школы.

В настоящее время рынок тяжелых кранов в РФ поделен между крупнейшими мировыми производителями. Производство отечественных тяжелых кранов практически отсутствует, за исключением штучных образцов на шасси МЗКТ и грузовиков иностранного

производства. Например, «Галичанин» грузоподъемностью 100 т на шасси МЗКТ-750001. Фирма Liebherr открыла филиал в Дзержинске Нижегородской области и локализовала там отдельные виды производства. Но при этом авторские права, управленческие решения и прибыль принадлежат фирме Liebherr. В последние годы на рынок тяжелых кранов России широко поставляется продукция производства КНР (XCMG и Zoomlion), вытесняя прежних иностранных поставщиков, поскольку краны производства КНР существенно дешевле при тех же характеристиках. В России в настоящее время выпускаются только автокраны на шасси грузовых автомобилей общего назначения, что ограничивает грузоподъемность кранов и увеличивает их высоту, поскольку крановая установка ставится на свою раму поверх рамы грузовика. Таким образом, в РФ в настоящее время нет производства тяжелых кранов с телескопической стрелой, хотя в этой области нет таких критических технологий, как в авиакосмической или радиэлектронной промышленности. Большинство компонент кранов может быть произведено в РФ из собственных материалов. Одной из основных проблем будет организация производства шасси с унифицированными мостами и подвеской, но разными рамами, пригодными для установки крановых установок большой грузоподъемности. Для создания хорошего крана нужно создавать шасси только совместно с краном. При этом следует определить приоритеты. В СССР при создании шасси военного назначения (МАЗ-537, МАЗ-543, МАЗ-547) шли путем проектирования внедорожной машины с полным приводом и независимой торсионной подвеской широкопрофильных колес. Фирма Liebherr пошла другим путем, создавая, в основном, шасси для движения по автодорогам общего назначения, где даже в девятиосном варианте не более четырех ведущих осей. В богатых странах Западной цивилизации хорошие дороги, там к шасси предъявляется требование осевой нагрузки в транспортном положении 12 т, высокой скорости движения и хорошей маневренности, а не повышенной

проходимости по бездорожью. Кроме того, в странах Запада практикуется более высокая культура подготовки к строительству, где до начала основных СМР делаются хорошие подъездные пути к объекту и более основательно реализуется план организации строительства. На крановом шасси более прочная рама, позволяющая выдерживать в разных направлениях очень большие нагрузки от ОПУ и опор в отличие от обычных спецшасси.

Система проектирования и производства гибко реагирует на запросы потребителя и завод может быстро спроектировать и построить кран с нужными заказчику характеристиками, имея не только специалистов, опыт и производственную базу, но и линейку типовых агрегатов и типовых конструкторских решений, пригодных для создания новых моделей с минимальными затратами ресурсов и времени.

27. Рынок кранов России

Импорт строительно-дорожных машин в Россию в 2023 году составил 440 млрд. рублей. Из них объем импорта кранов составил 188 млрд. рублей. Вместо кранов Liebherr, Tadano, Terex, Grove, Kato стали импортироваться краны производства КНР: XCMG, Zoomlion, LiuGong и Sany (КНР).

Импорт в Россию телескопических кранов на специальном шасси автомобильного типа неуклонно возрастает и составил: в 2021 году 643, в 2022 году 1796, в 2023 году 2889 автокранов. Из них в 2023 году поставлено 1063 крана Zoomlion на шасси автомобильного типа грузоподъемностью от 25 до 450 т.

«Усредненный» кран (КНР) грузоподъемностью 70 т стоит 44 млн. рублей.

Популярность кранов КНР объясняется их низкой стоимостью, которая составляет примерно 55% от стоимости аналогичного крана Liebherr.

Стоимость кранов производства КНР также ниже стоимости кранов отечественного производства в связи с тем, что в КНР ниже стоимость материалов, ПКИ и больше серия производства.

Продажи автомобильных кранов Zoomlion по грузоподъемности имеют следующее распределение:

33% цены продаж образуют краны грузоподъемностью до 80 т, которых в общем числе кранов 66%;

41% цены продаж - краны грузоподъемностью 100, 150 и 200 т, которых в общем числе кранов 28%;

26% цены продаж - краны грузоподъемностью 300 и 450 т, которых в общем числе произведенных кранов 6%.

Закономерности распределения долей продаж по кранам XCMG ХСТ и ХСА также подчиняются частотно-ранговому закону. Половину суммы объема продаж составляют краны меньших размерных групп грузоподъемностью 60 т (ХСА) и грузоподъемностью 25 и 30 т (ХСТ). Другую половину объема продаж составляют краны грузоподъемностью от 55 до 100 т (ХСТ) и от 100 до 230 т (ХСА).

Причем доля кранов производства КНР неуклонно возростала с 81% в 2021 году до 99,7% в 2023 году. Доля кранов не китайского производства неуклонно снижалась в связи с санкциями. Если в 2021 году в Россию было поставлено 119 кранов не китайского производства, из которых доминировали Liebherr (59 шт.) и Tadano (39 шт.), то в 2023 году всего семь.

При этом доля кранов производства России неуклонно снижается. Если в 2021 году она занимала 79% всех кранов, то в 2023 году всего 45%. В последние пять лет отечественная промышленность выпускала в среднем по 2400-2700 автокранов в год. В результате экономических кризисов в России за последние 20 лет прекратили существование 19 крановых заводов. Оставшиеся пять заводов, что продолжают выпускать краны в России в настоящее время, выпускают только автокраны грузоподъемностью до 100 т, а по большей части до 50 т, поскольку 100-тонные краны для Галичского завода – это штучная продукция. Таким образом, кранов большой грузоподъемности в России вообще не выпускается, а эту нишу

полностью заняли китайские производители.

28. Облик кранов

Типоразмеры линейки кранов зависят от номенклатуры грузов и технологий в строительстве.

Для крана важна не максимальная грузоподъемность, которую практически реализовать невозможно из-за габарита груза, а грузоподъемность на нужных вылетах и высотах, и грузовой момент. Большая часть момента стрелы на больших вылетах и пологих углах наклона образована не массой груза на вылете, а массой самой стрелы и плечом верхних секций. Поэтому надо стремиться к тому, чтобы делать более легкими верхние секции стрелы. Это снижает не только опрокидывающий момент, но и напряжения в материале конструкции. Для этого целесообразно рассмотреть не только уменьшение толщины стенки секции по мере возрастания ее номера, но и изготовление верхних секций из высокопрочного титанового сплава, плотность которого составляет 58% от плотности стали. Титановые сплавы существенно дороже стали, труднее обрабатываются и свариваются. Кроме того, потребуется решить проблему истирания секций стрелы в скользящих опорах. Кран при той же размерности будет иметь большую грузоподъемность на больших вылетах стрелы.

Кран надо проектировать не на базе грузовика или готового универсального спецшасси, а создавать его совместно со спецшасси под свой типоразмер и массу. Применение спецшасси МАЗ, МЗКТ, КЗКТ не целесообразно по причине незамкнутого контура рамы малой высоты профиля. Рама крана должна хорошо сопротивляться изгибу и кручению на участках ОПУ-опоры, а для этого она должна иметь замкнутый контур и большую высоту. Рамы Liebherr имеют трапециевидную форму с двумя внешними наклонными и двумя внутренними вертикальными стенками. Шасси имеет унифицированные мосты: ведущие и не ведущие. Угол поворота управляемых колес от 33 до 45 градусов и все мосты

управляемые, что позволяет легко маневрировать на ограниченных площадках.

Реализация полного привода при числе осей более четырех возможна на электромеханической трансмиссии при больших углах поворота колес. Создать такое шасси в России возможно на базе «Платформа-О» КамАЗ-7850 с числом осей от четырех до восьми. При этом основные направления создания шасси должны быть следующими. Применить более узкие шины шириной 445 мм размером 16R25. Габаритная ширина машины не должна превышать 3,0 м. Грузоподъемность шасси должна быть выше, чем у грузового автомобиля, поскольку кран в своем составе имеет более тяжелую раму высокого замкнутого профиля и тяжелые выносные опоры, которые входят в состав конструктивно-силовой схемы рамы. Рама должна быть создана под линейку кранов так, чтобы она изначально была не просто адаптирована, а спроектирована под разные крановые установки. На раме изначально должны быть места крепления ОПУ и сделаны короба для выносных опор. Передняя часть рамы под установку кабины должна быть меньшей высоты, чем ее основной участок. Расположение кабины и двигателя должно позволять разместить над ними стрелу с высотой профиля до 1,8 м так, чтобы кран укладывался в габарит по высоте 4,0 м. На восьмиосном шасси возможно установить крановую установку массой 85 т (с учетом опор) грузоподъемностью 650 т.

Последовательность операций по подъему и перемещению груза возможно запрограммировать в систему управления, чтобы она заранее рассчитала возможность выполнения операции, эксплуатационные параметры и ограничения. Развитие систем управления может вести если не к созданию беспилотного крана, то к максимальной автоматизации его работы.

Выпускать надо линейку унифицированных кранов, где возможна экономия на эффекте масштаба и унификации оборудования. В России

производство тяжелых телескопических кранов на спецшасси возможно тем более, что компетенции разработки спецшасси есть у БАЗ, КамАЗ, а также МЗКТ, поскольку РБ находится с РФ в одном таможенном союзе.

29. Производственное оборудование

Для производства автокранов большой грузоподъемности с телескопической стрелой потребуется изготовление листогибных прессов шириной рабочей зоны до 16 м, толщиной листа до 22 мм, пределом текучести 110 кг/мм² и усилием прессования ориентировочно 2500 т. Такие прессы в настоящее время в России не производятся, а иностранные производители, используя свое преимущество, продают их с огромной торговой наценкой.

Для изготовления частей секций стрелы «в один проход» потребуется изготовление длинномерных матриц и пуансонов длиной до 16 м.

Для раскроя толстых стальных листов потребуется установка высокоточной лазерной или плазменной резки.

Для распрямления листового металла потребуются листопрямительные станки.

Для сварки элементов стрелы, платформы, рамы, кабин потребуются сварочные автоматы.

Для монтажа тяжелых агрегатов потребуется установка в цеху сборки подъемно-транспортного оборудования грузоподъемностью до 75 т.

Для изготовления гидравлических агрегатов потребуется установка координатно-расточных станков с ЧПУ и токарных станков большой длины.

Выводы

В настоящее время в России реализуется и планируется ряд крупных строительных проектов промышленного, жилищного и транспортного строительства, для которых требуются краны большой грузоподъемности. В России краны грузоподъемностью более 100 т с телескопической

стрелой вообще не выпускаются, а исключительно импортируются. Общая доля числа кранов грузоподъемностью более 50 т в России 56 %, а по стоимости это 77 % доли рынка кранов. В 2023 году было ввезено 2889 кранов, в основном производства КНР на общую сумму 188 млрд. рублей. Такая ситуация представляет угрозу экономической и технологической безопасности России. Для нейтрализации этой угрозы предлагается развернуть в России собственное производство телескопических автокранов большой грузоподъемности, которые широко применяются в промышленном и транспортном строительстве.

Производство кранов большой грузоподъемности с телескопической стрелой и собственным шасси может быть организовано в РФ при поддержке правительства, когда государство или крупная строительная компания является не только крупным заказчиком, но и инвестором в программу создания производства. Для этого целесообразно организовать взаимодействие между заказчиком (Минстрой и Минтранс) и разработчиком-производителем (Минпромторг). В качестве шасси целесообразно использовать КамАЗ-7850 с серьезной переработкой под крановую установку. Организация собственного производства кранов большой грузоподъемности в России позволит получить значительный народно-хозяйственный эффект, который создает рабочие места в ряде отраслей экономики, удовлетворяет потребности государства в строительной технике и позволяет ускорить ввод объектов капитального строительства, что в целом идет на пользу России.

П.И. Зеленкевич