

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет
имени К. И. Сатпаева

Сурашов Н.Т., Гудович М. И.

**РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
СТРЕЛОВЫХ КРАНОВ НА
СТРОИТЕЛЬНО – МОНТАЖНЫХ РАБОТАХ**

Монография

Алматы 2014

УДК 621.87(075.8) (063)
ББК 39.9 я 73
С 90

Утверждено: Ученым советом КазНТУ, протокол №6 от 28. 02. 2014 г.
Печатается по плану Министерства образования и науки РК.

Рецензенты:

Б.А. Асматулаев – академик МАТ, д.т.н., профессор, Генеральный директор КазНИИПИ «Дортранс»;

М.С. Кульгильдинов – д.т.н., профессор, зав. кафедрой «АДТиС» КазАТК им. М.Тынышпаева;

А.К. Кайнарбеков – академик МАИН, д.т.н., профессор, проректор по учебной работе Гуманитарного университета транспорта и права имени Д.А. Кунаева (Институт Путей Сообщения).

С.Д. Тажибаев – к.т.н., профессор кафедры «Прикладная механика и детали машин» КазНТУ им. К.И.Сатпаева.

С 90 Сурашов Н.Т., Гудович Рациональное использование стреловых кранов на строительно – М.И. монтажных работах: Монография. / Н.Т. Сурашов, М.И. Гудович – Алматы: КазНТУ, 2014 г. – 125 с. Библиогр. 36 назв. Табл. 21. Илл. 54.

ISBN 978-601-228-676-2

Рассмотрены конструктивные особенности и обобщен опыт использования на строительно – монтажных работах сопоставимых по техническим параметрам стреловых самоходных и башенных передвижных кранов. Дано технологическое обоснование для выбора технических решений по изменению грузовых характеристик монтажных машин. Показана возможность изменения этих характеристик. Для расширения технологических возможностей кранов предложены схемы использования дополнительных устройств.

Приведены результаты разработки перспективных конструкций грузозахватных устройств для подъема и перемещения штучных грузов с помощью гидроманипуляторов, а также создания внутренних захватов для кантования, подъема и транспортировки рулонных материалов. Определены области рационального применения предлагаемых технических решений.

Монография предназначена для студентов вузов, обучающихся по специальности 5В071300 – «Транспорт, транспортная техника и технологии», а также может быть полезна студентам строительных и других специальностей, магистрантам, научным и инженерно – техническим работникам.

УДК 621.87 (075.8) (063)
ББК 39.9 я 73

ISBN978-601-228-676-2

© КазНТУ, 2014

ВВЕДЕНИЕ

На строительно-монтажных работах (СМР) по возведению зданий и промышленных сооружений, для выполнения технологических операций погрузки и выгрузки, вертикального и горизонтального перемещения строительных грузов, монтажа технологического оборудования широко применяют грузоподъемные краны. Рациональное использование кранов при возведении зданий и сооружений возможно только при правильном выборе их технологических параметров для строительства различных объектов. При этом производство работ часто характеризуется рядом специфических условий: большой вес монтируемых элементов; монтаж на больших вылетах стрелы; стесненные строительные площадки; непосредственная близость от жилых зданий и возведенных ранее объектов. Поэтому принципы выбора технических параметров монтажных кранов тесно связаны со структурой зданий и сооружений, то есть должно быть обеспечено параметрическое соответствие крана зданию или сооружению.

При выполнении СМР находят применение стреловые самоходные и башенные краны. Основное достоинство стреловых передвижных кранов – возможность быстрого перебазирования их с одного объекта на другой и ввода в работу сразу же после прибытия на объект строительства. Основное достоинство башенных кранов – наилучший охват строящихся сооружений, благодаря сочетанию башни со стрелой Г-образной формы при монтаже конструкций на разных отметках от уровня земли.

Основные параметры стреловых самоходных кранов стандартизированы (ГОСТ 22827-85). В соответствии с этим стандартом предусмотрен выпуск десяти размерных групп кранов данного типа грузоподъемностью 4; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160 и 250 т. Указанные грузоподъемности кранов – это максимально

допустимая масса груза, которую может поднять кран данной размерной группы при максимальном вылете стрелы.

Параметры основных моделей башенных кранов регламентированы ГОСТ 13556-91. Этим ГОСТом предусмотрена возможность выпуска наряду с изготовлением базовых моделей кранов различных их исполнений, позволяющих существенно расширить область применения этих машин. В жилищном строительстве применяются башенные краны грузоподъемностью 5...12,5 т и до 25т для подъема и монтажа элементов зданий, подачи строительных материалов и перемещения других грузов. Используемые в промышленном строительстве при монтаже конструкций и тяжелого промышленного оборудования башенные краны имеют грузоподъемность до 75 т.

Тенденция к сближению конструктивного устройства монтажных стреловых самоходных и башенных передвижных кранов проявилась в том, что основную стрелу самоходных кранов ставят в вертикальное положение, а значительно удлиненный гусек используют обычно при горизонтальном положении. Такое рабочее оборудование называется башенно-стреловым (БСО). В связи с этим грузовысотные характеристики самоходных кранов с БСО приближаются к характеристикам башенных кранов. Однако при использовании основных стрел грузоподъемность стреловых кранов значительно превышает грузоподъемность строительных башенных кранов [1].

В стреловых самоходных кранах стрелы, длина которых изменяется без груза, называются выдвигными, с грузом – телескопическими. В настоящее время краны с телескопической стрелой находят широкое применение. Телескопическая стрела обеспечивает маневренность крана, делает его компактным и позволяет производить работы на ограниченных площадях, что особенно важно в городских условиях. Длина телескопической стрелы в самоходных кранах достигает 84 м при массе поднимаемого груза до 400 т. Одними из наиболее передовых технических решений, позволяющих увеличить интенсивность использования техники для перевозки грузов и уменьшить до минимума ручной труд при монтаже конструкций, погрузке и разгрузке, являются грузоподъемные краны- манипуляторы. Данные машины позволяют сократить количество занятых

людей и единиц техники, имеют малый вес, монтируются практически на все грузовые автомобили и компактно складываются в транспортное положение. Этот современный агрегат многофункционален и возможности его использования очень велики.

Сменные рабочие органы, устанавливаемые на стреловые монтажные краны и грузоподъемные манипуляторы, являются специализированными грузозахватными приспособлениями, предназначенными для работы с различными типами грузов. Это позволяет значительно расширить области применения этих машин, обеспечить их высокую производительность и универсальность при использовании в различных отраслях народного хозяйства.

До настоящего времени вопросы выбора технических параметров монтажных кранов, кранов-манипуляторов и их грузозахватных устройств для рационального использования на строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работах в учебной литературе не нашли достаточно полного отражения.

В данной монографии рассмотрены вопросы выбора рациональных параметров монтажных кранов и кранов-манипуляторов для возможности возведения зданий и сооружений, их конструктивных особенностей, областей эффективного применения и определения технологических параметров, а также методы выбора грузозахватных устройств, позволяющих сократить объем рабочих операций, выполняемых вручную, и продолжительность строительных процессов.

1. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОНТАЖНЫХ КРАНОВ И КРАНОВ- МАНИПУЛЯТОРОВ

1.1 Применение стреловых кранов на строительномонтажных работах (СМР)

Масштабы промышленного и гражданского строительства в нашей стране велики, они включают в себя крупные регионы, делящиеся на десятки промышленных районов. Наблюдается стремительное наращивание мощности действующих предприятий, возведение зданий повышенной этажности, а также сооружение новых промышленных объектов. Растет также объем работ по реконструкции действующих предприятий и сооружений.

Для производства данных видов СМР одними из основных грузоподъемных устройств являются башенные передвижные краны. Стреловые самоходные краны применяются обычно для возведения малоэтажных зданий (высотой до трех этажей), подземных сооружений и подземной части зданий и сооружений.

При выборе параметров данного вида грузоподъемных машин большое значение имеют вопросы мобильности, продолжительности перебазирования и пуска этих машин в эксплуатацию. При этом наиболее существенным, определяющим параметром, влияющим на выбор грузоподъемных средств, является масса монтажных элементов и узлов. Росту массы элементов способствует, в свою очередь, увеличение объемов монтируемых объектов, мощности сооружаемых агрегатов и установок. Возрастают также габариты сооружаемых объектов, что приводит к необходимости увеличения вертикальной подстреловой зоны и использованию в данном случае башенных передвижных кранов. Однако при больших площадях, занимаемых монтируемыми объектами, применение башенных кранов из-за трудоемкого продолжительного монтажа, демонтажа и необходимости устройства рельсового пути, не эффективно. В данных случаях находят все более широкое применение стреловые мобильные краны. В тех случаях, когда необходимо подавать груз в глубь возводимого объекта или монтировать весьма объемные объекты на СМР применяют самоходные краны с башенно-стреловым оборудованием (БСО) [2, 3].

Монтаж зданий и сооружений представляет собой комплексный процесс, выполняемый с помощью одной или нескольких машин, которые объединены в производственный комплекс. Комплексная механизация составляет основу современной технологии монтажа зданий и сооружений. Она позволяет организовывать равномерность и непрерывность производства монтажных работ на объекте. Следовательно, комплексная механизация – это метод производства СМР, при котором все операции определенного процесса выполняются с помощью комплекта машин, приспособлений и средств малой механизации, увязанных между собой по производительности, обеспечивая заданный темп работ и оптимальные технико-экономические показатели.

Комплексный монтажный процесс при возведении зданий и сооружений включает: транспортирование элементов и блоков на склады, площадки укрупнительной сборки или в монтажную зону; подготовку монтажных блоков на конвейерных линиях и площадках укрупнительной сборки; монтаж конструктивных элементов или укрупненных блоков в проектное положение с выверкой и временным закреплением; постоянное закрепление конструкций в проектное положение на сварке, болтах, замоноличивание монтажного стыка.

Каждый процесс выполняется комплектом машин, механизмов и приспособлений. В комплекте выделяется ведущая машина. При взаимоувязке производительности каждого комплекта создается поточно-совмещенная технология возведения объекта.

При сооружении комплексных объектов следует учитывать ряд специфических особенностей, наиболее характерными из которых являются: необходимость возведения большого числа сооружений одновременно с основным объектом комплекса; значительная высота сооружений, сложность их компоновки в плане, наличие большого числа подземных коммуникаций; необходимость выполнения больших объемов общестроительных, монтажных, электротехнических, санитарно-технических и других работ, что может привести к задержке монтажного процесса, связанного общим графиком выполнения СМР.

Выбор комплекта машин осуществляется с учетом производственных условий, принятого способа выполнения

СМР и технико-экономических показателей. К основным технико-экономическим показателям работы комплекта машин и механизмов относятся: продолжительность выполнения СМР; удельные трудозатраты на монтаж одной тонны конструкций; удельная себестоимость СМР и другие.

1.2 Основные преимущества применения стреловых кранов

Опыт эксплуатации мощных стреловых монтажных кранов, начиная с 70-х годов прошлого века, позволил выявить основные преимущества этих кранов по сравнению с другими грузоподъемными машинами [4].

- возможность подъема монтажных элементов большой массы на значительную высоту. Осуществление таких операций стало доступным благодаря возможности повышать грузоподъемность крана более чем в 2 раза за счет расчаливания и опирания стрел, соединения стрел ригелем и т.д.;

- возможность использования сменного башенно-стрелового оборудования (БСО), обеспечивающего наилучший охват сооружения и свободу выбора места стоянки крана относительно возводимого объекта, что особенно важно при наличии внутри объекта подземных коммуникаций и массивных фундаментов;

- высокая мобильность и маневренность, позволяющая перемещать кран своим ходом в пределах всей площади строительного комплекса и монтировать с его помощью различные по конструкции объекты, расположенные на значительных (до нескольких километров) расстояниях один от другого, разделенные железнодорожными путями и коммуникациями;

- небольшие затраты на перебазирование внутри строительной площадки и небольшая продолжительность переоборудования. Эти качества особенно важны при использовании мощных кранов на строительстве предприятий, состоящих из большого числа объектов, монтаж которых осуществляется в течение ряда лет;

- большой радиус обслуживания в пределах одной стоянки, что особенно важно при работе крана в стесненных условиях;

- возможность работать как от внешних источников энергии, так и независимо от них.

Мощные стреловые краны, преимущественно пневмоколесные, оснащаемые БСО, нашли также широкое применение в промышленном строительстве зарубежных стран: США, Германии, Англии, Франции. До настоящего времени краностроительными фирмами этих стран созданы новые мощные стреловые краны грузоподъемностью 150-1500т с грузовым моментом до 80 МНм и максимальной высотой подъема крюка 125-203м [5]. Появление таких машин можно объяснить необходимостью производства работ на большом числе рассредоточенных объектов, связанных друг с другом дорожными магистралями. В этих условиях эффективное использование дорогих мощных кранов может быть обеспечено только при минимальной продолжительности их перебазирования и преобразования.

Примером может служить организация использования автокранов К-5001 и К-1000 германской фирмы «Розенкранц». Автокран К-5001 грузоподъемностью 500 т имеет в качестве ходовой части тележку Фаун с 12- цилиндровым дизельным двигателем мощностью 0,2 МВт.

На верхней платформе устанавливается дизель Дейц мощностью 0,15 МВт. Он приводит в действие гидравлическую систему крана. Обе главные подъемные лебедки создают усилие в канате до 0,15 МН каждая. Весь кран, включая верхнюю и нижнюю платформы, выполнен из высокопрочной мелкозернистой стали (с пределом прочности 10 МПа). Балласт массой 135т состоит из чистого свинца. Кран имеет следующую стреловую систему: основную стрелу длиной до 109м, малый оголовок длиной 8м и гусек при башенно-стреловом оборудовании длиной до 75 м. Основная стрела имеет нижнее сечение 2,96×2,47м. Максимальная высота подъема достигает 160,6м. Являясь полноповоротным, кран имеет максимальный грузовой момент 30 МНм при наименьшем вылете основной стрелы 25м. Коэффициент устойчивости крана равен 1,4. Эта величина, учитывающая различные веса стрел, обеспечивает безопасность работы.

Передвижной автомобильный кран К-1000 имеет грузоподъемность 1000т, что соответствует длине стрелы в 29 м

и вылету в 5 м от центра вращения крана. Ходовая часть крана из соображений проходимости по криволинейному пути делается шарнирно-сочлененной и состоит из одной пятиосной тяговой тележки и крановой пятиосной тележки с подвесными осями. Тяговым двигателем является 12-цилиндровый дизель. Ведущими осями служат 4 оси с 12-скоростной коробкой передач. Из 10 осей 8-шарнирные.

Верхняя платформа снабжена двумя механизмами главного подъема. Максимальное усилие, передаваемое канатом, составляет 0,22 МН. Кроме того, предусматривается вспомогательное подъемное устройство с усилием каната в 50 кН. Противовес, уравнивающий верхнюю платформу во время работы, может иметь максимальную массу в 320 т. Его выполняют в виде ящиков, заполненных свинцом.

Стреловая система данного крана по сравнению с краном грузоподъемностью 500 т не имеет существенных изменений. Максимальная длина основной стрелы имеет размер 125 м. Общая длина стрелы и оголовка составляет 203 м. Поперечное сечение основной стрелы имеет внешний размер $3,22 \times 2,96$ м. Длина секций стрелы составляет 12,8 и 4 м. Из особенностей применения крана следует отметить: упругость главной стрелы с оголовком так велика, что при колебаниях груза наблюдается заметный промежуток времени от пуска в ход подъемной лебедки до движения груза.

1.3 Рациональное использование гусеничных кранов

Для количественной оценки рационального использования мощных гусеничных кранов в ЦНИИОМТП был проведен анализ фактического применения на ряде монтажных объектов стреловых кранов большой грузоподъемности и расчетного применения башенных кранов с эквивалентной грузовой характеристикой. В качестве основного показателя эффективности была принята себестоимость механизации монтажа элементов [6].

Составление проводилось по данным, полученным на монтаже строительных конструкций ряда объектов и строительных комплексов городов Липецка, Череповца и др.

Сравнивалась эффективность работы следующих машин: СКГ-100 с БСО (30+21) с возможностью применения на этих работах башенного крана БК-406Б, перемещающегося на подкрановому пути длиной 500 м; СКГ-100 с БСО (30+21) с применением башенного крана БК-300 при двух перебазировках крана и общей длиной подкранового пути, равной 300 м; СКГ-160 с БСО (45+40) с применением башенного крана БК-1000, имеющего повышенную до 70 т грузоподъемность и перемещающегося по подкрановому пути длиной 400 м при двух перебазировках крана.

Для выполнения требований сравнимости использования кранов в этих условиях при анализе сопоставлялись фактическая среднесменная производительность стреловых кранов и расчетная среднесменная производительность башенных кранов. Были выявлены технико-экономические показатели эффективности применения мощных гусеничных кранов на строительных объектах вышеприведенных городов.

Из графика (рис.1.1) следует, что наибольшая эффективность применения крана СКГ-100 достигается на монтаже строительных конструкций объектов при объеме 1000-2000 т, смонтированных при одной перебазировке за 150-300 машино-смен.

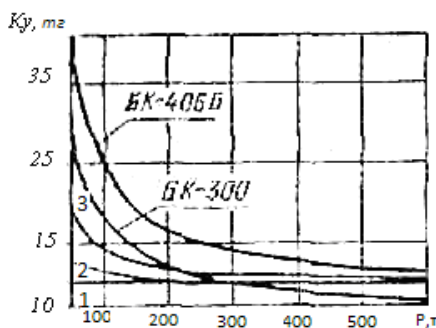


Рисунок.1.1 Зависимость себестоимости монтажа K_y , стальных

конструкций объектов черной металлургии от объема работ P , выполняемых различными типоразмерами кранов с учетом затрат на перебазирование: кран СКГ-100 с перебазированием своим ходом без демонтажа стрелового оборудования; 2-то же, с демонтажом стрелового оборудования; 3- кран СКГ с перебазированием по железной дороге в разобранном виде

Применение гусеничных кранов снижает себестоимость механизации монтажных работ на 15-30% по сравнению с себестоимостью при использовании башенных кранов. При сравнении длина подкранового пути башенных кранов принята равной 200 м.

Приведенные данные позволяют сделать вывод, что гусеничные краны эффективнее башенных при продолжительности монтажных работ до одного года. Для объектов, монтируемых два-три года, целесообразнее башенные краны с меньшей, чем у гусеничных кранов, стоимостью машино-смены.

Результаты сопоставления показали, что решающее значение для эффективного использования стреловых монтажных кранов имеет возможно лучшее маневрирование ими как в пределах монтажного объекта, так и между объектами и в частности, определение рационального числа перебазирований кранов при выполнении определенного объема работ с учетом весьма значительного влияния, которое оказывают затраты по перебазированию кранов на производственную себестоимость их машино-смены.

При анализе результатов монтажа конструкций на семи объектах доменной печи в Череповце крану СКГ-160 потребовалось две перебазировки с монтажом стрелового оборудования, на которые было затрачено (при коэффициенте сменности 2,7) 73 машино-смены из 691 машиносмены пребывания крана на площадке. При таком же числе перебазировок башенного крана БК-1000 и при таком же коэффициенте сменности из 691 машино-смены нахождения крана на объекте на перебазировки будет затрачено 330 машино-смен, т.е. при том же расчетном времени пребывания машины на объекте фонд ее рабочего времени для монтажа конструкций не будет превышать 361 машино-смену. Сокращения за счет продолжительности перебазировок фонда рабочего времени башенных кранов ведет к уменьшению годовой производительности этих кранов (рис.1.2).

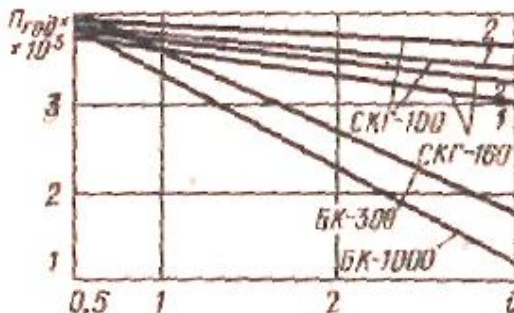


Рисунок.1.2. Зависимость годовой производительности $\Pi_{год}$ мощных кранов на монтаже стальных конструкций промышленных объектов от числа перебазирровок i в году: перебазирование кранов СКГ-100 и СКГ-160 на объект по узлам; 2- то же, своим ходом с последующим монтажом рабочего оборудования

Таким образом, при оценке эффективности применения мощных монтажных кранов важным обстоятельством является удорожание механизации монтажа с помощью башенных кранов за счет необходимости более продолжительного, по сравнению со стреловым, пребывания крана на площадке при выполнении определенного объема работ. Это удорожание в составе себестоимости машино-смен принято пропорциональным отношению числа смен нахождения крана на площадке (включая время на перебазирование, простои по организационным, технологическим и метеорологическим причинам) к числу смен его использования на монтажных работах.

Эффективность применения более производительных мощных стреловых кранов вместо башенных может быть оценена также величиной экономии условно- постоянных накладных расходов, принимаемых в размере 50-60% нормативных. Анализ применения мощных кранов показал, что в результате применения стреловых мобильных кранов в ряде случаев может быть достигнуто снижение продолжительности возведения объекта в целом, при этом одновременно с экономией в размере накладных расходов учитывается экономический эффект, получаемый народным хозяйством в результате досрочного ввода объекта в эксплуатацию.

Опыт применения стреловых гусеничных кранов большой грузоподъемности на монтаже строительных конструкций промышленных объектов и экономический анализ этого применения позволили сделать следующие выводы: высокая мобильность стреловых кранов допускает возможность с их помощью монтировать на одном строительном комплексе объекты, разделенные железнодорожными путями и коммуникациями, расположенные на различных уровнях, значительных (до 1 км) расстояниях друг от друга. Использование одного мощного крана на монтаже нескольких различных по конструкции объектов доменного комплекса позволяет лучше использовать фронт монтажных работ. Применение в таких условиях башенных кранов сопряжено со значительными затратами времени на перебазировки;

Мощные стреловые краны могут в среднем на 1 месяц раньше эквивалентных по грузоподъемности башенных кранов быть использованы для выполнения монтажных работ на объектах, что способствует сокращению сроков строительства; большая максимальная грузоподъемность кранов СКГ-100 и СКГ-160 дает возможность монтировать блоки массой, превышающей грузоподъемность существующих башенных кранов; работа мощных мобильных кранов должна производиться в соответствии с графиками их рациональной загрузки. При разработке графиков необходимо предусматривать использование кранов для монтажа элементов и блоков, проектное расположение, габариты и масса которых наиболее соответствуют грузовысотным характеристикам мощных кранов.

Для монтажа элементов, масса и проектное расположение которых не требуют применения стреловых кранов значительной грузоподъемности, следует использовать краны с соответствующими грузовысотными характеристиками и меньшей себестоимостью машиноосмен.

При сопоставлении различных вариантов применения средств механизации монтажа элементов конструкций и технологического оборудования объектов различных отраслей промышленности эффективность этих вариантов должна оцениваться с учетом возможного годового режима использования предусмотренных в них типоразмеров кранов при соблюдении нормативных

сроков выполнения монтажных работ на рассматриваемом объекте.

Дальнейшее совершенствование мощных мобильных кранов позволит полнее использовать их преимущества перед башенными, в том числе меньшие единовременные затраты, возможность установки поворотной платформы на рельсовый или пневмоколесный ход; наличие сменного оборудования, позволяющего лучше использовать полезный грузовой момент.

Эти качества способствуют повышению производительности труда монтажников, сокращению сроков строительства и освобождению многих рабочих, занятых перебазированием башенных кранов [7].

1.4 Рациональное использование пневмоколесных кранов

Эксплуатация кранов большой грузоподъемности должна основываться на их высокой мобильности, на возможности частой перебазировки с объекта на объект.

Условия рационального использования пневмоколесных кранов большой грузоподъемности существенно отличаются от условий использования стреловых кранов малой и средней грузоподъемности (до 60 т), которые на каждом строящемся объекте могут в течение длительного времени работать с высоким коэффициентом использования по грузоподъемности.

Принято считать, что годовая производительность стрелового крана как машины циклического действия должна определяться произведением средней массы монтажного элемента, устанавливаемого за один рабочий цикл в проектное положение, на число циклов в году. При этом средняя масса монтажного элемента - расчетная величина, зависящая от грузовысотной характеристики машины и приемов работы производителей, - принимается в большинстве случаев постоянной. Основываясь на этом положении при расчетах годовой производительности крана большой грузоподъемности, можно прийти к выводу, что чем большее число объектов он обслуживает и чем большая доля годового фонда рабочего времени затрачивается на его перебазирование, тем меньшее

число циклов может выполнить кран и, следовательно, тем ниже годовая производительность этой машины.

Практика эксплуатации кранов большой грузоподъемности показывает, что с увеличением числа перебазировок возрастает крупность монтируемых блоков, темп роста которых значительно превосходит темп снижения годового фонда рабочего времени. Таким образом, годовая производительность мощных кранов при интенсивном их использовании возрастает [8].

Рассмотрим данные о годовом режиме использования и возможной годовой производительности пневмоколесного крана грузоподъемностью 1000 т при двухсменной работе на объектах в зависимости от числа перебазировок.

По данным зарубежной информации об опыте применения такого крана на строительных объектах Германии можно сделать вывод о том, что с увеличением числа обслуживаемых объектов производительность мощного крана возрастает: при обслуживании 20 объектов в год может быть выполнен объем работ, в четыре раза превышающий объем, выполняемый на одном объекте.

Расчеты показывают, что возможно дальнейшее увеличение производительности крана большой грузоподъемности при росте числа перебазировок до 40 в год. Такой режим может быть достигнут при обслуживании мощным краном объектов ряда отраслей промышленности, например, горно-добывающей, черной металлургии, энергетики, строительных материалов, где масса монтажных элементов достаточно велика.

Для анализа того, приводит ли интенсификация использования кранов большой грузоподъемности к снижению удельных приведенных затрат, могут быть использованы эмпирические зависимости, полученные при исследовании взаимосвязи технико – экономических показателей (ТЭП) использования подобных машин и их конструктивных параметров.

Инвентарно- расчетная стоимость крана, затраты на перебазирование, текущие эксплуатационные затраты на 1 смену работы могут быть определены соответственно в зависимости от массы крана G по формулам:

$$G_{кр} = 1,622G + 22,5; G_{ед} = 0,0126G + 3; G_T = 0,81G + 13$$

В качестве критерия в расчетах принимают удельные приведенные затраты (ПЗУ), определенные без учета возможного эффекта, связанного с досрочным вводом объектов, которые рассчитаны по формуле

$$ПЗУ = (П C_{ед} + T_z C_T + 0,23 C_{кр}) / P_z,$$

где П- число перебазировок в году; T_z - годовой фонд рабочего времени, смен; P_z - годовая производительность, т; 0,23- сумма коэффициентов эффективности капитальных вложений и амортизационных отчислений.

1.5 Преимущества оснащения самоходных кранов башенно-стреловым оборудованием

Результаты изучения опыта применения стреловых кранов большой грузоподъемности (100 и 160т) в условиях их вынужденного использования для монтажа большого числа относительно легких элементов подтвердили эффективность оснащения этих кранов БСО. Использование БСО позволяет обслуживать одним краном с одной стоянки значительную (до 5 тыс.м²) зону монтажной площадки и существенно уменьшить число стоянок кранов и общую протяженность их перемещений по площадке возводимого объекта по сравнению с кранами меньшей грузоподъемности. Выбор обслуживаемой зоны в качестве показателя для сравнительного анализа эффективности использования кранов может быть обоснован еще и тем, что при увеличении ее снижаются затраты на устройство оснований под краны, улучшаются условия складирования и доставки конструкций в зону монтажа и, что особенно важно, освобождается значительная территория объекта для выполнения одновременно с монтажом конструкций и технологического оборудования других строительных и монтажных работ.

Преимущества применения БСО очевидны: обслуживаемая зона увеличивается пропорционально квадрату вылета крюка, а

затраты на эксплуатацию кранов со стрелами большой длины удорожают себестоимость машино- смены незначительно. Однако область рационального использования кранов, оснащенных БСО, требует экономического обоснования. Количественная оценка влияния величины зоны на эффективность применения стреловых кранов разных типоразмеров может быть дана в результате решения транспортной задачи по определению среднего расстояния от всех точек зоны до оси вращения крана. При максимальном вылете крюка крана площадь «мертвой» зоны не превышает 12% общей площади круга, описываемого крюком, что позволяет пренебречь ею в дальнейших расчетах.

Сравнимость показателей использования кранов различных типоразмеров обеспечивается приведением их к условиям обслуживания в течение года одинаковой площади возводимых зданий.

Необходимая для монтажа объекта грузоподъемность сравниваемых моделей стреловых кранов и высота подъема элемента зависит от вылета крюка и площади обслуживаемых зон (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Вылет крюка L и площадь обслуживаемых зон S стреловых кранов

Кран	Высота подъема элементов, м					
	36-40		42		48	
	L, м	S, м ²	L, м	S, м ²	L, м	S, м ²
СКГ-40 сБСО (25+20,9) *	12,5	42	-	-	-	-
СКГ-63 сБСО (30,5+24)	18	113	18	113	13	93
СКГ-100 сБСО (35+29)	26	403	26	403	21	394
СКГ-160 сБСО (45+40)	41,5	1512	41,5	1512	41,5	1512
*) В скобках; первая цифра-высота башни; вторая-длина стрелы.						

В качестве критерия сравнительной эффективности применения стреловых кранов различной грузоподъемности приняты минимальные приведенные затраты на одну смену работы крана (рис. 1.3).

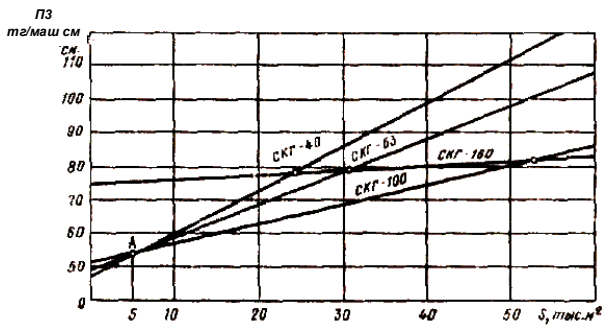


Рисунок 1.3. Зависимость приведенных затрат ПЗ на одну смену работы крана от площади объектов S

Из графика может быть выявлена область эффективного применения мощных стреловых кранов при монтаже строительных конструкций промышленных зданий. Особенно показательна на графике точка А, соответствующая объему работ на объектах площадью 5 тыс. м², при выполнении которого приведенные затраты на использование кранов СКГ-40, СКГ-63 и СКГ-100 равны, т.к. применение кранов этих моделей дает одинаковый эффект [9].

Расчеты показали, что при выполнении значительного объема работ по монтажу рассредоточенных по монтажной площадке относительно легких элементов целесообразно использовать мощные краны, оснащенные БСО с максимально возможной длиной стрел.

Разработанная методика расчета горизонтальных подстреловых зон кранов позволяет определить рациональные параметры БСО кранов в зависимости от вида работ, для которых эти краны предназначены.

1.6 Применение передвижных кранов- манипуляторов

Кран- манипулятор представляет собой подъемный механизм, который устанавливается на автомобили, колесные и гусеничные тракторы, специализированный или железнодорожный транспорт, а также стационарно. Манипулятор предназначен для захвата и перемещения различного рода грузов при помощи специализированных грузозахватных приспособлений (рабочих

органов) с дальнейшей погрузкой (выгрузкой) этих грузов. Манипуляторы часто сравнивают с механической рукой, которая позволяет быстро и точно оперировать с грузом, совмещая при этом несколько операций. Масса манипулятора, как правило, не превышает 20-25% полезной грузоподъемности базового автомобиля, что обеспечивает эффективное использование автомобиля по прямому назначению - для перевозки грузов.

Очень выгодным с точки зрения экономии времени и денег является применение кранов-манипуляторов. Одно из таких устройств способно заменить сразу два агрегата: грузовой автомобиль и подъемный кран. В связи с этим расходы на дополнительную технику и рабочий штат существенно сокращаются, причем независимо от сферы использования устройства.

Краны-манипуляторы широко применяются в строительстве, промышленности и бытовом хозяйстве. Использование крана-манипулятора в строительстве очень многообразно. Особенно удачно, удобно и выгодно применение этих машин при малоэтажном строительстве и строительстве частных загородных домов.

Краны-манипуляторы предназначены для механизации погрузочно-разгрузочных работ: подъема и перемещения грузов - как одиночных, так и в контейнерах, пакетах и на поддонах, а также мелкокусковых, лесных assortиментов и прочих длинномеров, металлического скрапа и других видов грузов. Манипуляторы на автомобиле эффективно используются при производстве монтажных работ, на малоэтажном строительстве, при ремонтно-восстановительных работах, на рассредоточенных объектах, при работе в стесненных условиях. Обладая высокой маневренностью, точностью движений, автомобиль с манипулятором упрощает процесс погрузочно - разгрузочных работ. Применение манипуляторов позволяет вдвое сократить количество автомобилей для доставки грузов за счет ликвидации непроизводительных простоев в ожидании погрузки и разгрузки, ускорить доставку и отказаться в большинстве случаев от использования стреловых, башенных и других кранов при выполнении погрузочно - разгрузочных работ. [10].

2. ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ ДЛЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

2.1 Общие сведения, классификация и особенности применения

В комплексном процессе монтажа конструкций и оборудования ведущими механизмами являются грузоподъемные краны и устройства, обеспечивающие перемещение груза в проектное положение. Наибольшее распространение при монтаже зданий и сооружений получили стреловые самоходные и башенные краны. Классификация грузоподъемных монтажных кранов приведена на рис. 2.1.

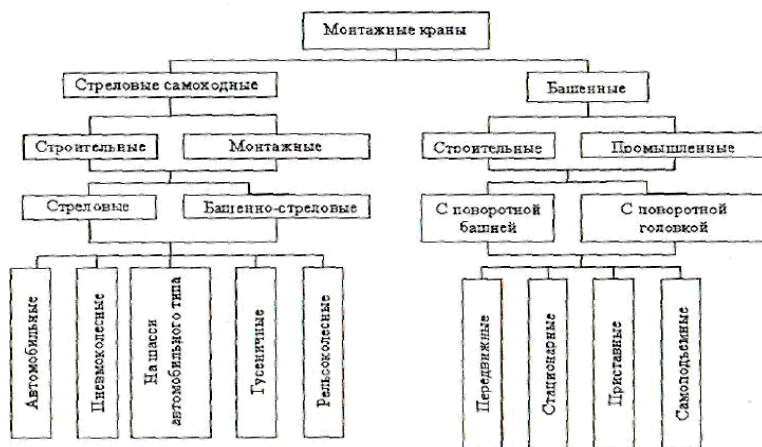


Рисунок. 2.1. Классификация грузоподъемных кранов для монтажных работ

Принципы выбора типовых параметров монтажных кранов тесно связаны со структурой зданий и сооружений как объектов монтажа.

Согласно рис. 2.1, монтажные краны объединены в две большие группы:

1- стреловые самоходные и 2- башенные. По конструкции рабочего оборудования стреловые самоходные краны разделяются на стреловые и башенно- стреловые, а башенные –

на краны с поворотной башней и с поворотной головкой. Кроме того, краны обоих типов классифицируются по грузоподъемности, конструкции ходового устройства, типу привода и виду стрелового оборудования.

В зависимости от грузоподъемности стреловые самоходные краны разделяются на легкие (грузоподъемностью до 10т), средние (грузоподъемностью от 10 до 25 т) и тяжелые (грузоподъемностью 25т и более). По конструкции ходового устройства различают стреловые краны: автомобильные, пневмоколесные, на специальном шасси автомобильного типа, гусеничные и рельсоколесные.

Башенные краны выпускают с грузовым моментом до 400 тм, высотой подъема до 83 м и грузоподъемностью 5...25 т. В машинном парке строительные башенные краны представлены, в основном, грузоподъемностью 5...8 т и высотой подъема 21...40 м. Промышленные башенные краны выпускают грузоподъемностью до 75 т, а высотой подъема 67 м. По способу установки башенные краны подразделяют на передвижные, стационарные, приставные и самоподъемные. Передвижные краны, передвигающиеся по рельсовым путям, наиболее распространены. В общем случае каждый башенный кран – это поворотный кран с подъемной или балочной стрелой, шарнирно закрепленной в верхней части вертикально расположенной башни.

Грузоподъемные краны, относящиеся к машинам циклического действия, классифицируются согласно ГОСТ по режимам работы. Кроме того, им присваивают соответствующие индексы, то есть производят их индексацию, отражающую модель и основную характеристику [11, 12].

Действующая индексация стреловых самоходных кранов включает в себя буквенное обозначение КС (кран стреловой) и цифры. Индексация этих кранов принята по следующим признакам:

- размерная группа (грузоподъемность) – первая цифра после буквенного обозначения;
- тип ходового устройства – вторая цифра;
- исполнение стрелового оборудования – третья цифра;
- порядковый номер модели – четвертая цифра;
- очередная модернизация – пятая буква;
- климатическое исполнение – шестая, седьмая буквы.

Например, индекс (марка) крана КС-5473 расшифровывается так: 5-пятая размерная группа – грузоподъемность 25 т, 4-ходовое устройство в виде шасси автомобильного типа; 7-жесткая подвеска стрелового оборудования – телескопическая стрела; 3-порядковый номер модели.

Индексация башенных кранов для строительно-монтажных работ включает:

- номер размерной группы – соответствует номинальному грузовому моменту, тм;
- порядковый номер модели: 1...69–для кранов с поворотной, 71...99-с неповоротной башнями;
- порядковый номер исполнения – 1...9;
- очередная модернизация – А..., В...;
- климатическое исполнение: УХЛ – для умеренного и холодного; ХЛ- для холодного климата; Т-тропическое; ТВ – для влажных тропиков.

Например, индекс крана КБ-405.1А расшифровывается следующим образом: кран башенный, четвертой размерной группы, с поворотной башней, первое исполнение, первая модернизация, для умеренного климата.

Для монтажа одноэтажных промышленных зданий небольших пролетов целесообразно применять автомобильные, пневмоколесные и гусеничные краны. Здания с большими пролетами чаще монтируют гусеничными и пневмоколесными кранами.

Четырехэтажные и более высокие здания монтируют башенными кранами. В этом случае для широких промышленных зданий необходимы два крана (с двух сторон здания) или один кран (внутри здания), а иногда два крана необходимы для подъема тяжелых элементов.

У большинства видов кранов грузоподъемность снижается по мере увеличения вылета стрелы, поскольку при этом увеличивается грузовой момент, то есть произведение максимальной массы груза q , подвешенного к крюку, на расстояние ℓ от крюка до оси вращения крана. За определенным для каждой марки крана пределом увеличение грузового момента может привести к опрокидыванию крана.

Поэтому у большинства строительно-монтажных кранов главным параметром считается грузовой момент $M=q \cdot \ell$.

Стреловые краны для удобства перевозки и маневрирования имеют опорную базу небольшой ширины, при которой нельзя поднимать большие грузы по условиям устойчивости и допустимой нагрузки на опоры. Поэтому для увеличения опорной базы и разгрузки шасси пневмоколесные и рельсовые железнодорожные краны грузоподъемностью свыше 10 т, а автомобильные - и при меньших грузоподъемностях оборудуют специальными выносными опорами, расположенными по углам неповоротной опорной рамы крана. Выносные опоры кранов представляют собой или выдвижные балки, перемещающиеся в коробчатых направляющих, или поворотные горизонтальные кронштейны, или откидные вертикальные кронштейны, имеющие на свободных концах винтовые или гидравлические домкраты. Использование выносных опор кранов, повышая устойчивость, снижает их маневренность. Поэтому разработаны и применяются выносные опоры кранов, которые устанавливаются автоматически (приподнимаются) при достижении значения опрокидывающего момента выше допустимого.

Передвижные башенные краны передвигаются по подкрановым рельсовым путям, которые состоят из нижнего и верхнего строений. Нижнее строение представляет собой подготовленное земляное полотно, а верхнее включает балластную призму, конструкции подкрановых путей и тупиковых упоров. Для увеличения мобильности башенных кранов разработан ряд конструкций инвентарных подкрановых путей, состоящих из сборных секций длиной 6,25 м и криволинейных элементов с радиусом кривизны 7-12 м.

В башенном краностроении сохраняется тенденция применения стрел большой длины. Краны грузоподъемностью до 8 т оснащаются стрелами длиной до 50 м, а более мощные – длиной до 80-100 м. Предельная грузоподъемность при этом обеспечивается примерно при вылетах до 24 м, далее она снижается.

2.2 Транспортирование кранов на объект, их монтаж и демонтаж

Транспортирование кранов на объект производится в соответствии с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации машины, которой устанавливается состав бригады, приспособления, инструмент и механизмы.

Стреловые самоходные краны погружают на железнодорожные платформы в следующем порядке: краны грузоподъемностью свыше 20...25 т разбирают и погружают с помощью дополнительных кранов грузоподъемностью 20...40 т; краны гусеничные типа СКГ грузоподъемностью 40...63 т демонтируют и погружают с помощью собственных механизмов путем перемещения поворотной части на платформу; пневмоколесные краны грузоподъемностью до 63 т разбирают и погружают с помощью собственных механизмов путем подъема поворотной части на выносных опорах и подкатывания под нее железнодорожной платформы; гусеничные краны грузоподъемностью свыше 63 т разбирают и погружают с помощью собственных механизмов путем подъема поворотной части на дополнительных домкратах и подкатывания под нее железнодорожной платформы.

Монтаж и демонтаж башенных кранов осуществляется: методом самоподъема башни и стрелы с помощью собственных лебедок и последующего подрачивания башни для кранов с большой высотой подъема; методом укрупнительной сборки верхних частей крана с помощью монтажного стрелового крана и использования лебедок монтируемого крана и последующего подрачивания башни.

Транспортировку башенных кранов с грузовым моментом до 1000 кН · м и высотой подъема до 30 м производят в собранном виде без снятия канатов с блоков. Для более мощных и высоких кранов допускается частичная разборка на отдельные сборочные единицы. Приставные башенные краны собирают и разбирают посредством специальных инвентарных приспособлений, входящих в комплект крана, в виде монтажных мачт или винтовых домкратов, системы лебедок и полиспастов. Самоподъемные краны разбирают на единицы, габариты и масса

которых позволяют при демонтаже спустить их с возведенного сооружения с помощью лебедок.

До начала монтажных работ такелажное оборудование (канаты, крюки, полиспасты, лебедки) подвергают статическим и динамическим испытаниям [13,14]. При статических испытаниях к крюку подвешивают груз, превышающий на 40% его паспортную грузоподъемность, и выдерживают в таком состоянии 10 мин. Динамические испытания заключаются в многократных подъемах и опусканиях груза, масса которого на 25% превышает паспортную грузоподъемность.

Разрешение на пуск в работу грузоподъемных машин дается после их регистрации инспекцией Госгортехнадзора. Вспомогательные приспособления подвергают техническому освидетельствованию и испытанию технической администрацией предприятия.

2.3 Стреловые краны на пневмоколесном ходу

2.3.1 Автомобильные краны

Автомобильные краны являются наиболее мобильными грузоподъемными машинами, способными перемещаться с большой скоростью на значительные расстояния. Самоходные стреловые краны бывшего Минстройдормаша имеют буквенные обозначения КС.

Применение автокранов особенно эффективно при рассредоточенном строительстве, укрупнительной сборке конструкций, погрузочно- разгрузочных работах. Они оборудуются выносными опорами, служащими для увеличения грузоподъемности крана.

Автомобильные краны грузоподъемностью 6,3; 10; 12,5; 16; 20 т выпускают серийно. Создан автомобильный кран грузоподъемностью 40 т. Привод автомобильных кранов в основном гидравлический, на отдельных моделях- механический и электрический.

Серийно выпускаемые краны с гидравлическим приводом оборудованы телескопическими стрелами, краны с электрическим и механическим приводом – решетчатыми.

Автомобильные краны второй размерной группы с механическим приводом КС-2561К, КС-2561-1 и 2571А грузоподъемностью 6,3 т смонтированы на шасси автомобиля ЗИЛ-130 (ЗИЛ-431410).

Кран КС-3562Б (рис.2.2) грузоподъемностью 10 т на шасси МАЗ-5334, имеет гидравлические выносные опоры, оснащен основной решетчатой стрелой длиной 10 м и сменным рабочим оборудованием: удлиненными стрелами 14 и 18 м, гуськом длиной 3 м к удлиненной стреле 18 м.

Привод крана гидравлический от силовой установки шасси. Гидронасос установлен в блоке с редуктором отбора мощности на ходовом устройстве и подает рабочую жидкость через вращающееся соединение к распределителю, обеспечивающему раздельное включение и выключение механизмов и регулирование скоростей рабочих движений. Возможно совмещение подъема (опускания) груза или стрелы с вращением поворотной платформы. Подъем и опускание стрелы, поворот платформы производятся после установки крана на выносные опоры.

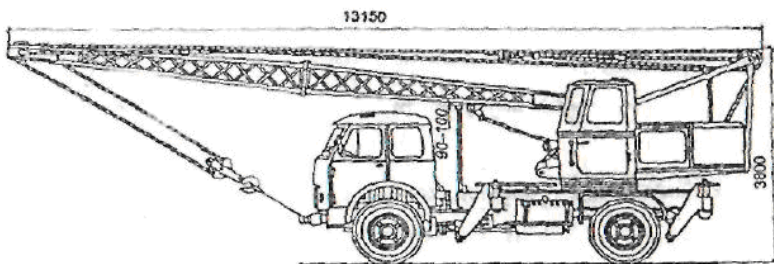


Рисунок 2.2. Автомобильный кран КС-3562Б

Автомобильные краны с гидравлическим приводом 3...4-й размерной групп КС-3575А, КС-3577-2, КС-4562 и МКАТ-40 оборудуются жестко подвешенными телескопическими стрелами (основное рабочее оборудование), длину которых можно изменять при рабочей нагрузке.

Кран КС-4562 (рис. 2.3) грузоподъемностью 20 т смонтирован на шасси автомобиля КрАЗ-250, оснащен выдвижной коробчатой

стрелой 8,13 м, которая может удлиняться до 14 м. Он может быть также укомплектован решетчатой стрелой 10 м и пятью вставками длиной 4 м каждая, благодаря чему стрела удлиняется до 14-30 м.

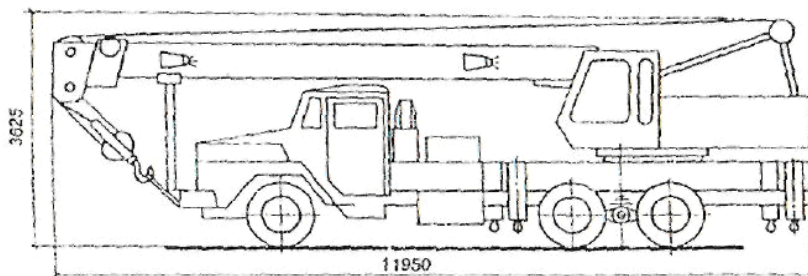


Рисунок 2.3. Автомобильный кран КС-4562

Стрелы длиной 18-30 м оборудуются гуськом длиной 5 м и вспомогательным крюком.

Выдвижная стрела коробчатого сечения состоит из двух секций, выдвигается (вдвигается) механизировано полиспастом механизма главного подъема.

Тип привода и схема управления рабочими движениями аналогичны крану КС-4561 А.

Электродвигатели рабочих механизмов крана питаются переменным током напряжением 380 В от генератора ЕСС5-91-ЧУ2. Предусмотрено питание от внешней сети путем подключения силового кабеля к штепсельному разъему силового шкафа.

Минимальные скорости рабочих движений достигаются подтормаживанием и динамическим торможением механизмов. Техническая характеристика автомобильных кранов и их сборочных единиц приведена в табл.2.1.

2.3.2 Пневмоколесные краны

Пневмоколесные краны (КП) отличаются от автомобильных конструкцией ходовой части, которая для увеличения устойчивости и грузоподъемности выполнена в виде специальной мощной рамы с широко расставленными колесными парами. КП

занимают 16,5%, а в общем крановом парке – 12%. Они выпускаются грузоподъемностью от 16 до 100 т.

Ходовое устройство КП бывает двух видов: жесткое в виде единого блока, т.е. рама с пневмоколесами и двигателем на поворотной платформе, ходовая рама с пневмоколесами как полуприцеп к пневмотягачу или колесному трактору. Шасси имеют от 2 до 5 осей, в том числе с 4 ведущими колесами. На мощных кранах ведущие оси соединены в балансирные тележки. Подвеска колес – жесткая, что ограничивает скорость передвижения в транспортном положении до 18 км/ч.

Пневмоколесные краны оснащены, в основном, традиционными решетчатыми стрелами с управляемыми и неуправляемыми гуськами, а также башенно-стреловым оборудованием. Пневмоколесные краны применяются для производства монтажных работ при строительстве объектов со средними объемами работ и находящихся на небольшом удалении один от другого, что обусловлено небольшой скоростью их передвижения.

По существу пневмоколесными с двигателем на шасси являются и краны на короткобазовых шасси (КК). Короткобазовые краны имеют единую компоновочную схему и оснащены трехсекционными телескопическими стрелами, подвижные секции которых синхронно выдвигаются длинноходовыми гидроцилиндрами. Высокие транспортные скорости КК (до 40...45 км/ч) обеспечивают эффективное использование этих машин на рассредоточенных объектах с небольшими и средними объемами строительно-монтажных работ. Краны способны работать без выносных опор и передвигаться по ровной площадке с грузом на крюке, а также производить телескопирование стрелы под нагрузкой.

Кран КС-8362Д (рис.2.4) грузоподъемностью 100 т, - электрический на постоянном токе. Возможно питание от внешней электросети через агрегат электродвигатель-генератор. Кран оснащен основной стрелой длиной 15 м, которую можно удлинить до 55 м с помощью сменных секций по 5 м. Стрелы длиной от 20 до 40 м оснащаются неуправляемым гуськом длиной 20 м, а стрелы 45-55 м – гуськом 30 м.

Таблица 2.1
Техническая характеристика автомобильных кранов и их сборочных единиц

Параметр	КС-4361Х	КС-2571К	КС-3562К	КС-3575А	КС-3577-2	КС-4561А	КС-4562	МКАТ-40
1. Грузоподъемность, т при вылете: наименьшем наибольшем при передвижении с грузом	6,3/1,2 1,8/0,4 1,6	6,3/0,85 0,9/0,16 1,1	10 1,2 -	10/3 2/0,2 4	12,5 1,7 -	16/4,4 2,1/1 -	20 3,0 -	40 9,3 -
2. Вылет, м: наименьший наибольший	3,3 7,0	3,3 5,7	4 10	2,85 8,8	2,8 13	3,8 10	3,5 10	3,0 9
3. Длина стрелы, м	8	7,3	10	9,5	8	10	10	11
4. Высота подъема, м: при наименьшем вылете при наибольшем вылете	8 5,5	6,5 1,5	10 5	10,3 1,9	9 1,5	10 4,3	10,3 4,8	14 8,0
5. Скорость подъема груза, м/мин	0,45 ÷ 13,5	0,4 ÷ 13	0,4 ÷ 10	0,4 ÷ 10	0,4	0,45 ÷ 12	0,035 ÷ 12	0,1 ÷ 10
6. Скорость передвижения крана, км/час рабочая транспортная	5 90	5 50	- 77	5 77	5 85	5 65	5 75	- 50
7. Частота вращения поворотной части, мин ⁻¹	0,1 ÷ 2,65	0,3 ÷ 2,0	0,1 ÷ 1,6	0,4 ÷ 1,6	0,4 ÷ 2,0	0,3 ÷ 1,5	0,3 ÷ 1,5	0,1 ÷ 1,95
8. Марка базового автомобиля	ЗИЛ-130	ЗИЛ-431412	МАЗ-5334	ЗИЛ-133ГЯ	МАЗ-5337	КрАЗ-260	КрАЗ-260	КрАЗ-250
9. Мошность силовой установки шасси автомобиля, кВт	110	110	132,5	155	132,5	176	176	177
10. Колея колес, м: передних задних	1,8 1,79	1,8 1,79	1,87 1,86	1,835 1,85	1,97 1,86	1,95 1,92	1,95 1,92	1,95 1,92
11. Масса крана в транспортном состоянии, т	8,97	10,68	14,3	16,5	15,7	22,46	25,15	33,0

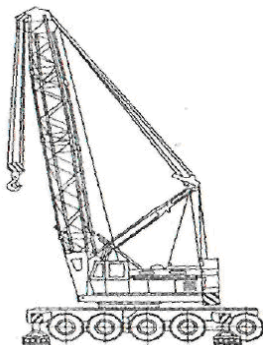


Рисунок 2.4 - Пневмоколесный кран КС-8362Д

Предусмотрено башенно-стреловое оборудование со стрелами-башнями длиной 25-40 м и управляемыми гуськами 15-30 м. При работе со стрелами 15 и 20 м применяют противовесы массой 14 и 30 т, для остального сменного оборудования – только массой 30 т.

Кран смонтирован на специальном пятиосном ходовом устройстве, имеющем буксирное приспособление и гидравлические выносные опоры.

Передние три оси – управляемые с одинарными шинами, задние две оси – ведущие со двояными шинами, на балансирующей подвеске.

Грузовые лебедки главного и вспомогательного подъема – унифицированы. Механизм передвижения имеет два электродвигателя, соединенных с главными передачами мостов карданными валами.

Главные передачи – от автомобиля КрАЗ-257, а колесная передача – от тягача МОАЗ-546. Техническая характеристика пневмоколесных кранов приведена в табл. 2.2.

Короткобазовый кран КС 4372 (рис.2.5) грузоподъемностью 16 т имеет гидравлический привод от дизеля, установленного на шасси. Кабина управления расположена на поворотной платформе, на которой размещены исполнительные механизмы крана.

Он оснащен трехсекционной телескопической стрелой. Изменение вылета и телескопирование стрелы осуществляется гидроцилиндрами. Шасси двухосное со всеми управляемыми и приводными колесами. Кран имеет гидроопоры, но может работать без них и передвигаться с грузом на крюке массой 6,3 т.

Таблица 2.2

Техническая характеристика пневмоколесных кранов

Параметр	КС-4361Х	КС-5363В	МКП-25А	МКТ-40	МКТ-63	МКТТ-100	МКТ-100	КС-8362Д
1. Грузоподъемность главного крюка на опорах, т:								
при наименьшем вылете	16	3640	25	40	63	100	100	100
при наибольшем вылете	3,4	3,8	4	4,5	14	19,5	12,3	9
2. Грузоподъемность при движении, т	10	14		20			25	
3. Длина основной стрелы, м	10,5	15	14,1	15	12,2	12,5	22	15
4. Вылет главного крюка, м:								
наименьший	4	3,9	3 ÷ 5	3,4 ÷ 4,5	3,5	3,5	6	5,2
наибольший	10	13,8	13,5	15	10	11	10	15
5. Высота подъема главного крюка, м:								
при наименьшем вылете	10	14	14,1	15,5	12	12,8	23	12,8
при наибольшем вылете	5,3	8	8	7,5	4	3	15,9	6,8
6. Высота подъема со сменным оборудованием наибольшая, м	31,5	50	35,4	39,5	55	73	89	64,8
7. Скорость подъема груза, м/мин								
главного крюка	0 ÷ 20	5	8,2 ÷ 25,2	0,3 ÷ 8,6	6	6	3 ÷ 13	3
вспомогательного крюка	0 ÷ 50	30	0 ÷ 16,5	1,5 ÷ 29				7,5 ÷ 15
8. Частота вращения, мин ⁻¹	0,4 ÷ 28	0,1 ÷ 1,2	0 ÷ 0,1	0,36	0,05 ÷ 1,92	0,12 ÷ 1,2	0 ÷ 0,3	0,05 ÷ 0,4
9. Скорость передвижения крана км/час								
рабочая	3	1,7	2	2,5	3	2,4	3	1
транспортная	18	19,5	15	30	30	30	25	14
10. Силовая установка:								
марка двигателя, мощность двигателя, кВт	СМД 18Н	ЯМЗ 236	А 41Д	ЯМЗ 238А	ЯМЗ 238АМ	ЯМЗ 240Б	ЯМЗ240Б	ЯМЗ 236
11. Колеса, м	2,4	2,5	2,45	2,92	2,37	2,45		3,1
12. Колесная формула	4 × 4	4 × 4	4 × 2	4 × 2	6 × 4	12 × 6		5 × 2
13. Масса крана, т	23	33	35,6	38,6	46,25	75	85	84
конструктивная								
противовеса	1,4	4		5,5	4,75			

Техническая характеристика короткобазовых кранов и их сборочных единиц приведена в табл.2.3.

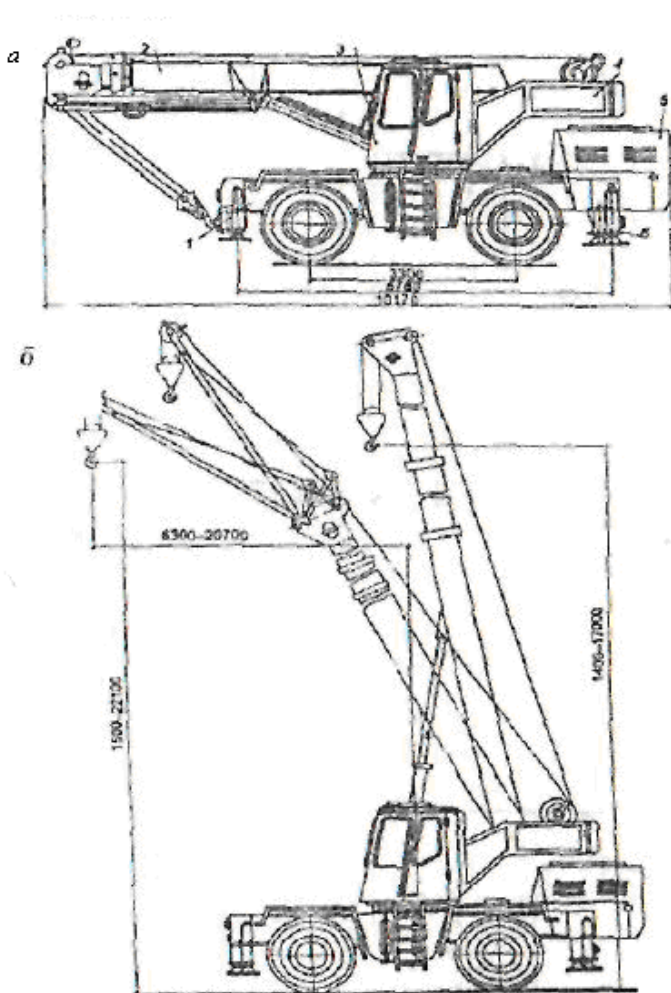


Рисунок 2.5 - Короткобазовый кран КС 4372
а - транспортное положение; б- рабочее положение; 1 шасси; 2
телескопическая стрела; 3 кабина управления; 4- поворотная
платформа; 5 силовая установка; 6 выносная опора

Таблица 2.3

Техническая характеристика стреловых самоходных короткобазовых кранов и кранов на спецшасси

Параметр	КС 4372Б	КС 6371	ЛТМ 1050КШ	ЛТМ 1070 КШ	КС 7571	КС 8571
1. Грузоподъемность, т: на выносных опорах без выносных опор	20 6,5	40 9	50 14,1	63	80	125
2. Вылет, м: наименьший наибольший	3,2 6,3	3,2 8	3,2	3,2	3,2 30	3 3
3. Высота подъема, м на вдвинутой стреле на выдвинутой стреле	7,6 30	10,2 41,5	10 55	11,8 54	12,2 60	13 71
4. Длина телескопической стрелы, м: вдвинутой выдвинутой	7 21,8	10,6 25,2	16 38	18 35		
5. Скорость подъема, м/мин	12,5	0,15 ÷ 5	11	10	0,16 ÷ 4	0,12 ÷ 2,4
6. Частота вращения, мин	0,4 ÷ 3,0	0,2 ÷ 1,8	0 ÷ 2,2	0 ÷ 2	0,06 ÷ 0,75	0,05 ÷ 0,66
7. Скорость движения, км/ч с грузом на крюке транспортная	60 5 38	55 3 30		70	40	50
8. Преодолеваемый уклон пути, град	18	18	27			
9. Радиус поворота, м	4,5	8	12	9		
10. Масса груза при телескопировании секций стрелы, т: при наименьшем вылете при наибольшем вылете	7,5 2,2	13 4				
11. Мощность двигателя, кВт	133	133	243	260	478	478
12. Расстояние между опорами (поперек X вдоль), м	5,2 × 5,8	6,8 × 6,3	8 × 7,2	8 × 7,2		
13. Масса, т конструктивная противовеса транспортная	24,1	38	38,9 8,44 44,14	45 3 48	72 8	82 2

2.3.3 Краны на шасси автомобильного типа

Краны на шасси автомобильного типа (КШ) выпускают, в основном, трех типоразмеров: 25, 40 и 50 т. Краны имеют индивидуальный гидравлический привод механизмов, что обеспечивает независимое выполнение и совмещение рабочих операций. Телескопическая стрела может изменять свою длину с грузом на крюке и, как следствие, монтировать элементы в

труднодоступных местах, проносить их среди смонтированных конструкций. Оснащение стрелы удлинителями и гуськами расширяет высотные возможности машин. Такая конструкция машин и гидравлические выносные опоры делают кран весьма подвижным и требуют минимальных затрат времени на перевод из транспортного положения в рабочее и обратно (3...5 мин.) [15].

Повышенное число приводных от 4 до 6 и управляемых колес обеспечивает кранам высокую маневренность и проходимость. В кранах грузоподъемностью до 50т двигатель устанавливается на шасси, а в более мощных – на шасси и на поворотной платформе.

Краны могут работать без выносных опор, опираясь на колеса и имея при этом грузоподъемность от 20 до 25% от наибольшей. Движение с грузом на крюке не предусматривается.

Краны оснащаются только грузовыми крюками. В транспортном положении нагрузка на ось составляет от 107 до 130 кН. Габаритные размеры по ширине $2,5 \div 3$ м и высоте $3,6 \div 4$ м позволяют кранам вписываться в транспортные потоки.

Краны грузоподъемностью до 40т имеют транспортную массу до 56т, а свыше - до 90т, и они являются сверхтяжелыми.

Кран КС-5473Б (рис. 2.6.) грузоподъемностью 25 т гидравлический, смонтирован на трехосном шасси с двумя задними ведущими мостами. Колесная формула 6×4. Коробка передач обеспечивает шесть скоростей движения вперед и одну назад. Она дает дополнительно две скорости движения по шоссе и по местности. Трехсекционная стрела имеет две выдвижные секции, перемещаемые длинноходовыми цилиндрами и канатным мультипликатором. На стреле могут быть укреплены решетчатый удлинитель под углом 0 и 15° и гусек. Шасси оборудовано пневматическими тормозами для торможения во время движения и во время стоянки. Передний мост соединен с рамой шасси полуэллиптическими рессорами и рычажной системой. Задние мосты имеют балансирующую подвеску. Колесами переднего моста управляют с помощью руля с гидроусилителем.

Кран КС-7471 гидравлический грузоподъемностью 63 т на шестиосном шасси ПС 632. Кран оборудован двумя дизелями на

шасси и на поворотной платформе. Он оснащен четырехсекционной стрелой, изменяющей длину от 12,6 до 38,1 м. На ней предусмотрены управляемые гуськи длиной 15 и 20 м к стрелам 21,1 и 38,1 м. Наибольшая грузоподъемность обеспечивается при опирании крана на выносные опоры, а при работе на колесах (без передвижения с грузом) она снижается до 15 т.

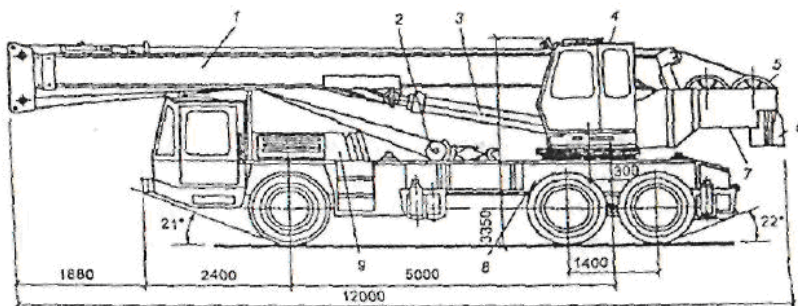


Рисунок 2.6. Кран на шасси автомобильного типа КС 5473Б:
1-стрела; 2-крюковая подвеска; 3-гидроцилиндр; 4-кабина;
5-лебедка; 6-противовес; 7- поворотная платформа; 8-шасси;
9-двигатель

На базе крана модели КС 7471 создана машина КС7472 грузоподъемностью 80 т (рис.2.7)

Техническая характеристика кранов на шасси автомобильного типа и их сборочных единиц приведена в табл.2.4.

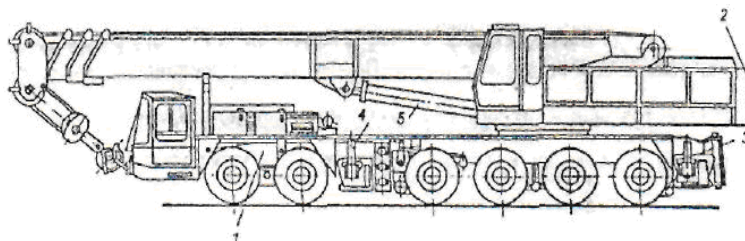


Рисунок 2.7. Кран на шасси автомобильного типа КС 7472
1 шестиосное шасси; противовес; 3/4 выносные опоры; 5 гидроцилиндр подъема стрелы

Таблица 2.4.

**Техническая характеристика кранов на шасси
автомобильного типа**

Параметр	КС 4361А	КС 5363	МКП 25А	МКТ 40	МКТТ 63	МКТТ 100
1. Грузовой момент, тм	80	140	220,5	280	310	560
2. Грузоподъемность, т:						
на выносных опорах	25	40	63	80	100	160
без выносных опор	5	108	18		34	50
3. Вылет наименьший, м:						
на выносных опорах	3,2	3,5	3,5	3,5	3,1	3,5
без выносных опор		3,2	3,2	3,2		
4. Длина телескопической стрелы, м:						
основная	10	11,611	12,6	12,6	13,6	14
выдвинутая	24	35 27	38,1	38,1	47,7	71
5. Высота подъема при наименьшем вылете, м:						
на вдвинутой стреле	10	10,5	12,3	12,3	12,8	13
на выдвинутой стреле	22,6	35 26,72	38,6	38,6	47,5	
6. Скорость, м/мин						
подъема	7,5	12	10	10	7,1	
посадочная	0,2		0,1			0,1
7. Частота вращения, мин	0,1 ÷ 2,1	0,1 ÷ 1,9	0,75	0,75	0,65	0,1
8. Скорость движения, км/ч	60	55	55	50	57	55
9. Время полного выдвижения секций стрелы, с	70	80	122	122	126	
10. Мощность двигателя, кВт	133	133	243	260	478	478
поворотной части			135	132	175	
шасси	149	177	262	265	309	386
11. Расстояние между выносными опорами (вдоль × поперек оси), м	5,2 × 4,9	6,3 × 5,9	7,2 × 7,4	7,2 × 7,4	8,5 × 8,7	7,4 × 9
12. Масса крана, т						
конструктивная	28	38/35	63	80	78,5	-
противовеса	1,5	4,8	5	5	8,5	-

2.4 Гусеничные краны

Гусеничные краны (КГ) не требуют улучшенных дорог, устойчивы во время работы, что увеличивает их маневренность и позволяет работать без выносных опор. На короткие расстояния гусеничные краны грузоподъемностью до 25 т передвигаются своим ходом со скоростью до 3 км/ч, а более мощные - до 0,75...1 км/ч. При перевозках кранов на большие расстояния используют трейлеры с автотягачами или железнодорожный транспорт.

Выпускаются гусеничные краны с механическим приводом грузоподъемностью 6,3; 10 и 16 т (серия МКГ) и с комбинированным дизель-электрическим приводом грузо-подъемностью 16,25,40,50,63,100 и 160т (серии МКГ, ДЭК, СКГ и КС).

Основное и сменное стреловое и башенно-стреловое оборудование аналогично по конструкции оборудованию пневмоколесных кранов. Развитый опорный контур в виде гусеничных тележек позволяет гусеничным кранам передвигаться в пределах монтажных зон с грузом на крюке, масса которого составляет до 80% наибольшей грузоподъемности (поперек гусениц) и до 100% (вдоль гусениц) при основной стреле. При оснащении башенно-стреловым оборудованием снижение грузоподъемности при движении кранов в зависимости от их характеристик достигает от 70 до 25% [16].

ВНИИМонтажспецстрой и ряд монтажных организаций разработали и внедрили технические решения, расширяющие грузоподъемные возможности гусеничных кранов: расчаливание стрел кранов, их соединение; опирание стрел кранов на стойки.

Кран РДК-250.3 (рис.2.8) грузоподъемностью 25т. В комплект рабочего оборудования входят стрелы длиной 20,3; 27,5; 35,3 м и башенно-стреловое оборудование в составе башни высотой 12,5 и 27,5 м и управляемых гуськов 10,15 и 20м. Стрела оканчивается наголовником, на котором может закрепляться неуправляемый гусек длиной 5м. Грузовая лебедка главного подъема – двухдвигательная многоскоростная с планетарным редуктором, обеспечивающая широкий диапазон скоростей, включая посадочную.

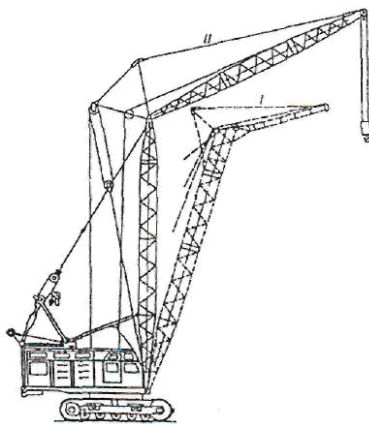


Рисунок 2.8. Гусеничный кран РДК 250 3
стреловое исполнение; башенно-стреловое исполнение

Привод гусеничных тележек-независимый от собственных электродвигателей, вращение от которых передается «бортовым» редукторам с помощью карданных валов.

Кран МКГС-100 (рис.2.9) электрический грузоподъемностью 100 т. Его особенностью является повышенная мобильность за счет использования новой схемы его транспортировки. Поворотная часть крана опирается на раму двухосной пневмоколесной тележки, которая с помощью кронштейна соединяется с нижней рамой крана, а опорная часть стрелы соединяется с седловым устройством автотягача. Таким образом создается автопоезд массой около 56т, что обеспечивает его свободное движение в транспортном потоке по дорогам.

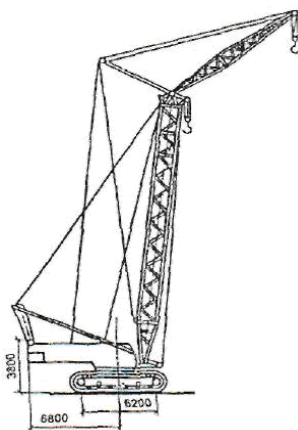


Рисунок 2.9. Гусеничный кран МКГС 100

Кран оснащается удлиненными стрелами за счет вставок по 7 м. На все стрелы может быть установлен неуправляемый гусек длиной 12 м. Предусмотрено башенно-стреловое оборудование: башни длиной 29, 43 50 м и управляемые гуськи длиной 19 и 40 м.

На кране предусмотрено устройство повышения грузоподъемности за счет дополнительной мачты и подвесного противовеса до 160т.

По автодорогам кран перевозят укрупненными узлами: поворотная часть и нижняя рама, секции стрелы по 14 и 7 м, гусеничные тележки, противовес. По железной дороге кран перевозят на 5 платформах вместо 14 при обычном разукрупнении на сборочные единицы.

Кран МКГС-125 (рис.2.10) электрический на постоянном токе грузоподъемностью 150 т. Основная стрела при помощи вставок 7 и 14 м может быть удлинена до 78 м. На все стрелы, кроме стрел длиной 22 и 71, 78м, может быть установлен неуправляемый гусек длиной 12 м.

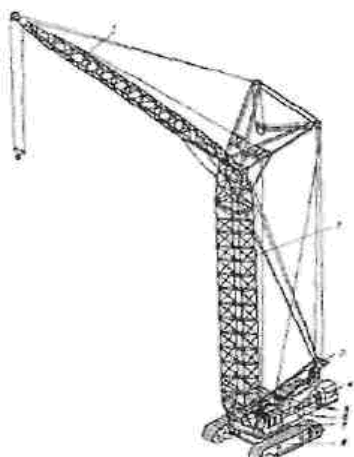


Рисунок 2.10. Гусеничный кран МКГС – 125

- 1-управляемый гусек; 2-башня;
- 3-мачта; 4-противовес;
- 5-лебедки; 6-поворотная платформа; 7-кабина управления; 8-гусеничные тележки

Кран оснащается башенно-стреловым оборудованием, собираемым из элементов стрелового оборудования. Неподвижная при работе башня длиной от 29 до 64 м (через 14 и 7 м) устанавливается под углом 3° . Она может оснащаться основным управляемым гуськом длиной 26м, который с помощью вставок удлиняется до 33 и 40 м. Кратность запасовки при наибольшей грузоподъемности 11, при наибольшей высоте подъема 2. На высоту 101,2 м можно поднять груз 25,4т. Кран получает электроэнергию или от внешней сети на генераторную группу, состоящую из электродвигателя и двух генераторов постоянного тока, или от дизель-электрического агрегата. Агрегат в виде отдельного блока, смонтированного на раме - салазках, присоединяется к ходовой части крана. Он включает дизель и генератор переменного тока, питающий электродвигатель генераторной группы.

Техническая характеристика гусеничных кранов и их сборочных единиц приведена в табл.2.5.

Таблица 2.5
Техническая характеристика гусеничных монтажных кранов

Параметр	МКГ 25,01	ДЭК 251	СКГ 401	СКГ 631	КС 7163	МКГС 100	МКГС 125
1. Грузоподъемность, т: при наименьшем вылете при наибольшем вылете при движении	2,5	2,5	40/63	63/100	63	100	150
	3,4	3,8	4	4,5	14	19,5	12,3
	2,5	2,5	40	63	63	90	112,5
2. Длина основной стрелы, м	16,8	14	17	17,6	15	22	22
3. Вылет, м: наименьший наибольший	5	4,75	5,5/4,8	5,1/4,5	5,1	6	6,5
	13	13,6	15/10	14/10	14	18	20
4. Высота подъема, м: при наименьшем вылете при наибольшем вылете	14,1	13,7	15,8	16,8	13,2	20,7	20,5
	8,9	7,1	10,1/13,2	12,8/6	7,5	15,9	10,6
5. Скорости, м/мин подъема сплавной гусеницы	0,37 ÷ 7,3	5 ÷ 10 ÷ 20	5	4,7	0,18 ÷ 4,2	0 ÷ 3,4	0,3 ÷ 3
	0,4	0,4 ÷ 1,6	0,35	0,35	0,14	0 ÷ 3	0,3
6. Частота вращения, мин	0,3 ÷ 1	0,3 ÷ 1	0,3	0,3	0,2	0,3	0,36
7. Скорость передвижения крана, км/час	0,86	1	0,97	0,76	0,5	0,5	0,5
8. Силовая установка: марка установки	ДЭУ 60Б А01 МК	Д160Б	Д175.3 6ЧН12 14	УЗ4А 1Д6Б	АСД100 Т/400Р ЯМЗ 238	АСД 100 Т/400Р ЯМЗ 238	АСД 100 Т/400Р ЯМЗ 238
	76	99	105,8	157,8	170	235	235
10. Преодолеваемая мощность, кВт	15	15	12	12	15	10	10
11. Масса крана, т	30,9	36,5	46,2	62	8	59,6	191
противовеса	5,6	6,65	22,3	40,2	28	28	41м53
12. Среднее давление на грунт, МПа	0,056	0,069	0,095	0,1	0,08	0,09	0,1

2.5 Башенные передвижные краны

Башенные краны применяют, в основном, для монтажа многоэтажных зданий различного назначения. Они позволяют сохранить наибольший полезный вылет крюка по мере роста сооружения при размещении в непосредственной близости от строящегося объекта.

В настоящее время в странах СНГ серийно выпускаются башенные строительные краны серии КБ 3-й и 6-й размерных групп с грузowym моментом 100...400 т м.

Краны 3-й и 5-й размерных групп в подавляющем большинстве имеют поворотную башню, нижнее расположение противовеса и относятся к разряду мобильных, потому что с объекта на объект их перевозят, как правило, в собранном виде автомобильным тягачом на специальных подкатных тележках. Краны шестой размерной группы имеют неповоротную башню и относятся к немобильным, поскольку с объекта на объект их перевозят укрупненными узлами.

Кран КБ-100.3Б (рис.2.11) грузоподъемностью 8 т с подъемной стрелой имеет шесть исполнений, отличающихся высотой подъема 33; 27,4 и 21,8 м, а также типом грузовой лебедки (однодвигательная и двухдвигательная). Предусмотрено еще два исполнения крана грузоподъемностью 10 т с подъемной и балочной стрелами, опирающимися на портал с возможностью пропуска железнодорожных составов. Стрела и опорная часть крана решетчатые, а башня – трубчатая, которая при монтаже подращивается через порталную часть. Подъем в кабину производится по лестнице, расположенной внутри башни. Питание электроэнергией осуществляется с помощью гибкого кабеля, навиваемого на специальный барабан.

Кран КБ-308А (рис.2.12) грузоподъемностью 8 т с балочной стрелой, которая может быть установлена под углом 30^0 , обеспечивая высоту подъема до 42 м. При наклонной стреле грузоподъемность его составляет 5 т. Кран, кроме базового, имеет 2 исполнения по высоте за счет изменения числа секций башни: при 4-х секциях 32м; при 3-х 26,4 м и при 2-х - 20,8м.

Башенные модульные краны (серии КБМ) представляют собой особую группу. Они спроектированы из унифицированных элементов-модулей: секции башни и стрелы, механизмы, кабины

управления, опорно-поворотные устройства, канатно-блочные системы и др. Предусмотрены 4 базовые модели кранов КМБ с грузowymi моментами 100, 160, 250, и 400тм и грузоподъемностью от 8 до 25 т. Каждая базовая модель имеет исполнение.

В модульных кранах предусмотрены: увеличенные скорости, балочные стрелы, подъемники для машиниста, гидромонтаж. Они позволяют упростить технологию монтажа здания, повысить производительность и уменьшить эксплуатационные расходы.

Техническая характеристика башенных передвижных кранов и их сборочных единиц приведена в таблице 2.6.

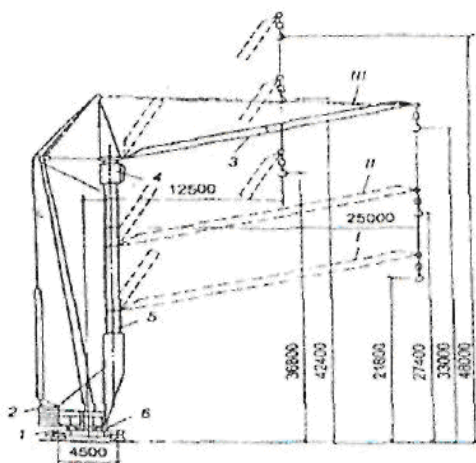


Рисунок 2.11. Башенный кран КБ 100.3Б (базовая модель):

- I, II, III - исполнения;
- 1-ходовая рама;
- 2-противовес; 3-стрела;
- 4-кабина управления;
- 5-башня с опорным порталом;
- 6-поворотная платформа

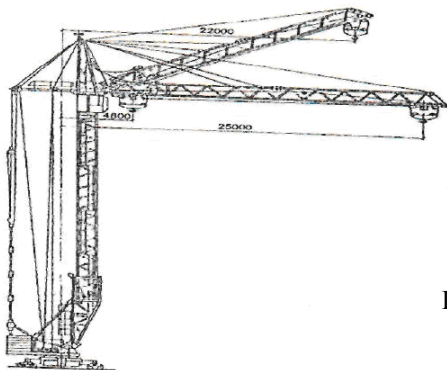


Рисунок 2.12. Башенный кран КБ 308А

Таблица 2.6

Технические характеристики башенных передвижных кранов

Параметр	КБ-100.3А1	КБ-308А	КБ-403Б	КБ-405-2А	КБМ-401П	КБ-503Б	КБ-674А	КБСМ-200-16	КБ-100Б
1. Наибольший грузовой момент, тм	100	125	129,4	162,5	160	280	400	200	1000
2. Грузоподъемность, т:									
максимальная	8	8	8	9	10	12,5	25	12,5	63
на наибольшем вылете	4	3,2,5	3,6	6,3	6	7,5	10	8	16
3. Вылет, м:									
наибольший	25	25	30	25	25	35	35	25	45
наибольший	12,5	4,8	5,6	13	6	7,5	4	-	-
4. Высота подъема, м									
при наибольшем вылете	33	32	29,8	51,6	47,2	53	46	44	88,5
при наибольшем вылете	48	32	29,8	63,4	47,2	-	46	-	-
5. Скорость, м/мин									
подъема груза	28/14	60/30	40	22,5	36	32	17,5	24,60	16,5
плавной посадки	4/2	5/2,5	5	18	4,8	4,8	1,25	-	-
перемещения крана	28	29	-	27	28	19	20	18	12
перемещение грузовой тележки	-	26	30	-	30	25,2	36,7	28	-
6. Время изменения вылета, мин	0,8	-	-	1,5	-	-	--	-	-
7. Частота вращения, мин ⁻¹	0,6	0,85	0,65	0,72	0,72	0,64	0,6	0,7	0,22
8. Колея Х база, м	4,5Х4,5	4,5Х4,5	6Х6	6Х6	6	7,5Х8	7,5Х7,5	7,5	10
9. Радиус закругления пути, м	7	7	7	7-	-	-	-	-	-
10. Установленная мощность, кВт	41,5	53	112,6	57	119,7	99	157	77	193
11. Масса крана, т									
конструктивная	32	38,3	47,9	61,6	64,8	97,7	115,2	60	224,4
противовеса	28	32	30	40	50	55	13,5	33	47,5
балласта	24,4	18,3	-	16	-	-	82,4	-	-

3. ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ПЕРЕДВИЖНЫХ КРАНОВ – МАНИПУЛЯТОРОВ И ИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

3.1 Назначение и классификация

Краны – манипуляторы предназначены для захвата и перемещения различного рода грузов при помощи специализированных грузозахватных приспособлений (рабочих органов) с дальнейшей погрузкой (выгрузкой) этих грузов. Краны – манипуляторы классифицируются:

1) по типу стрелового оборудования – на манипуляторы с жесткой (шарнирной) подвеской грузозахватного органа, у которых грузозахватный орган (крюк, захват и т.д.) шарнирно закреплен на оголовке стрелы; с гибкой (канатной) подвеской грузозахватного органа (крюка, захвата и т.д.) – с грузовой лебедкой;

2) по типу транспортного средства - на автомобильные, пневмоколесные, короткобазовые, гусеничные, на специальном шасси, на шасси колесного и гусеничного тракторов, рельсовые, железнодорожные, переставные, прицепные, самоуставливающиеся, устанавливаемые на фундаменте.

В зависимости от транспортного средства, на котором установлен кран-манипулятор, он оснащается одноступенчатыми или двухступенчатыми выносными опорами с базой до 5,6 м, дополнительно еще двумя гидроопорами. По заказу управление рабочими операциями осуществляется с земли с одного из двух пультов, расположенных по обе стороны транспортного средства, или с колонны, где в этом случае устанавливается сиденье оператора. Краны-манипуляторы могут быть также оборудованы электрогидравлической системой дистанционного управления, позволяющего управлять краном-манипулятором на расстоянии.

Рассмотрим основные разновидности автомобилей с гидроманипуляторами на примере ныне выпускаемых [17].

На рисунке 3.1 приведен сортиментовоз с краном-манипулятором



Рисунок 3.1. Сортиментовоз с краном-манипулятором на шасси автомобилей КАМАЗ 53229 (6х4), 53228 (6х6), 43118 (6х6)

Сортиментовоз с краном-манипулятором на шасси автомобилей КАМАЗ 53229 (6х4), 53228 (6х6), 43118 (6х6) предназначен для перевозки лесоматериалов и других длинномерных грузов длиной от 2 м до 6 м. На автомобиле установлена специальная сортиментовозная площадка с кониками и заградительный щит кабины. Возможна установка гидроманипуляторов: Синегорец 75, ЛВ-185-10, Epsilon, Palfinger и других. Комплектация кранов-манипуляторов: ротатор с челюстным захватом. Место установки: за кабиной или на заднем свесе рамы. Управление гидроманипулятора: сидение оператора на колонне крана-манипулятора. Возможна его комплектация дистанционным пультом управления. Обеспечивает погрузку или выгрузку сортамента на железнодорожные платформы и полувагоны.

Металловоз предназначен для таких работ как погрузка металлолома краном-манипулятором, оснащенным специальным многолепестковым грейферным захватом, транспортировка металлолома и самосвальная разгрузка. Возможна установка гидроманипуляторов E90Z79 EPSILON –PALFINGER (Австрия), Синегорец 75, ЛВ-185-14 «Атлант» (г. Майкоп) и H1AB (Швеция).

Ломовоз (металловоз) с крано-манипуляторной установкой представлен на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2. Ломовоз (металловоз) с крано - манипуляторной установкой на шасси автомобиля КАМАЗ-53229-1064 (65115)

Автомобиль - эвакуатор приведен на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3. Эвакуатор на шасси МАЗ

Эвакуаторы предназначены для перевозки (эвакуации) автотранспортных средств. Погрузка и разгрузка осуществляется с помощью крано-манипуляторной установки. Платформа эвакуатора представляет собой цельносварную металлическую конструкцию, выполненную из гнутых и горячекатаных профилей. Масса перевозимого груза - не более

3200 кг. В качестве грузозахватного органа используется траверса «паук» с устройством горизонтирования. При погрузке транспортного средства используют специальные захваты, закрепляемые на колесах автомобиля. Для перевозимых транспортных средств на платформе предусмотрены четыре противооткатных упора, которые фиксируются в пазах платформы. При транспортировке транспортного средства на дальние расстояния используются проушины (рым-болты) для обвязки транспортного средства стяжными ремнями, установленные в задней части платформы. Автомобиль может быть оборудован кранами-манипуляторами производства PALFINGER (Австрия), PM (Италия), Инман (Россия).

Автомобиль-самосвал с кран-манипуляторной установкой приведен на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4. Автомобиль - самосвал КАМАЗ 65117 (6X4) с кран-манипуляторной установкой ИМ-150

Автомобиль-самосвал предназначен для перевозки различных сыпучих строительных, промышленных и сельскохозяйственных грузов. Разгрузка осуществляется на две боковые стороны и назад. Боковые борта состоят из двух частей с верхней и нижней навеской. Открывание и закрывание нижней части борта на 90 градусов производится вручную. Задний борт выполнен из двух частей в виде распашных ворот с боковой навеской на стойках, открывается на 130°. Преимуществом данной конструкции является возможность перевозки длинномерных грузов до 6,5м,

а также возможность ручной разгрузки назад (без подъема платформы).

Бортовой автомобиль с кран-манипулятором приведен на рисунке 3.5.



Рисунок 3.5. Бортовой автомобиль КАМАЗ с кран-манипулятором

3.2 Анализ компоновочных схем автомобилей с манипуляторами

Проанализировав компоновочные схемы автомобилей с манипуляторами, авторы выявили приведенные ниже их разновидности, особенности, преимущества и недостатки.

Компоновочная схема с расположением манипулятора за кабиной с поперечной схемой складывания приведена на рисунке 3.6.

Особенности:

- применена поперечная схема складывания. Это позволяет достичь оптимальной развесовки по осям автомобиля, а также не затрудняет доступ в моторный отсек бескапотных автомобилей;
- ограниченная, по сравнению с задним расположением, рабочая зона в хвостовой части. Это создает трудности при переоборудовании его, при необходимости, в специализированный автопоезд;
- при использовании грейферных виловых и иных габаритных сменных рабочих органов, невозможно складывание манипулятора без демонтажа навесного оборудования;
- позволяет использовать базовое шасси автомобиля, в то время как при заднем расположении требуется модернизация в виде удлинения рамы;

- при данной компоновке не требуется применение трубопроводов значительной длины, в то время как при заднем расположении манипулятор удален от насоса рабочей жидкости;



Рисунок 3.6 - Кран-манипулятор КМУ-90 на шасси автомобиля КАМАЗ 50205 с расположением за кабиной и поперечной схемой складывания

- из-за недостаточной рабочей зоны присутствуют небольшие затруднения при подъеме груза, расположенного ниже уровня пола.

Компоновка с задним расположением манипулятора представлена на рисунке 3.7.

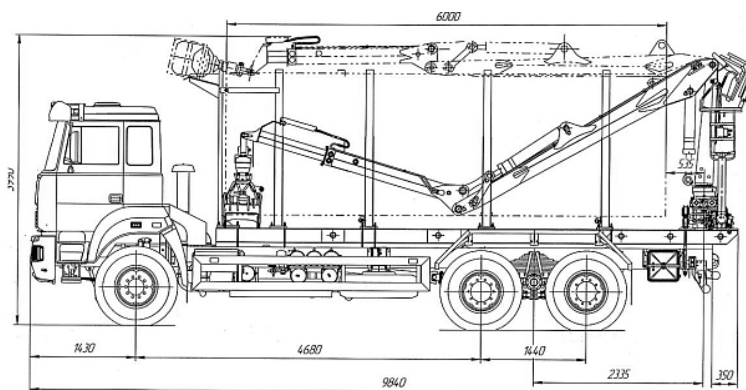


Рисунок 3.7. Автомобиль Урал с задним расположением манипулятора

Особенности:

- при данной компоновке требуется удлинение рамы шасси тягача, на что многие из поставщиков идут неохотно;
- рабочая зона охватывает хвостовую часть автомобиля, что позволяет пользоваться прицепом и составлять автопоезд;
- обладает рациональной схемой складывания стрелового оборудования и не ограничивает функциональные возможности данного вида техники;
- обладает большей рабочей зоной, по сравнению с передним расположением манипулятора, при подъеме груза, расположенного ниже уровня пола;
- требуются трубопроводы значительной длины, так как манипулятор удален от насоса рабочей жидкости;
- по сравнению с передним расположением манипулятора, автомобили данной компоновки менее устойчивы при движении на высоких скоростях и по пересеченной местности;
- при использовании бескапотного автомобиля с откидывающейся кабиной доступ к двигателю ничем не затрудняется.

Автомобиль с манипулятором классической компоновкой приведен на рисунке 3.8.

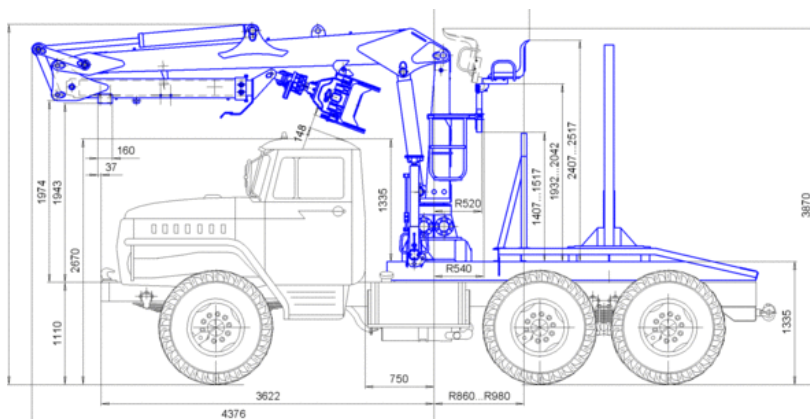


Рисунок 3.8. Манипулятор классической компоновки VPL 90-76
на базе автомобиля Урал 55571-30

Особенности:

- позволяет использовать базовое шасси автомобиля;
- не требуется применение трубопроводов значительной длины, в то время как при заднем расположении манипулятор удален от насоса рабочей жидкости;
- затруднен подъем груза, расположенного ниже уровня пола;
- центр тяжести смещен вперед и вверх, что снижает устойчивость автомобиля;
- присутствует передняя стойка, на которую укладывается манипулятор, что мешает обзору водителя.

Проанализировав компоновочные схемы автомобилей с гидроманипуляторами, авторы пришли к выводу, что наиболее оптимальной является схема с задним расположением манипулятора. По сравнению с другими компоновочными схемами выбранная обладает такими преимуществами, как максимально возможная рабочая зона, возможность загрузки прицепов, наиболее рациональное расположение стрелового оборудования и рабочего органа при загруженном сортаментом кузове. Учитывая неблагоприятные условия при возможных работах следует, предусмотреть наиболее свободный доступ к двигателю во время ремонта в полевых условиях. Как в городских условиях при погрузке труб, так и при лесозаготовительных работах на сложном рельефе иногда требуется проводить работы с грузом, находящимся ниже уровня стоянки, для чего наиболее оптимальным расположением манипулятора является заднее.

3.3 Анализ современных крано – манипуляторных установок и их грузозахватных устройств

Авторами был произведен обзор и анализ современных крано-манипуляторных установок и их рабочих органов. На территории СНГ с недавнего времени начал издаваться журнал «Подъемная сила» [18], тематикой которого являются вопросы, касающиеся автомобилей с манипуляторами. В основном, сбор материалов производится в сети интернет – по ключевым словам и тематике. Это связано с недостатком современной

литературы и периодических изданий по соответствующей тематике.

Обзор и анализ вышеуказанных материалов показал, что, в основном, производством манипуляторных установок и их комплектующих занимаются в таких промышленно-развитых странах, как Германия, Австрия, Италия, США, Япония, Россия, Швеция и т.д.

Ниже приведены некоторые примеры передовых высокоэффективных конкурентоспособных крано-манипуляторных установок и их рабочих органов.

Инман-50 (Россия). Крано-манипуляторная установка ИМ 50 предназначена для ремонтно-восстановительных, монтажных и погрузочно-разгрузочных работ. ИНМАН-50 имеет современную конструкцию с Z-образным складыванием, что позволяет производить монтаж КМУ на различные транспортные средства: автомобили, тракторы, болотоходы и пр., а также устанавливать их на фундамент и метало-конструкции. В целях увеличения надежности и долговечности работы вся гидравлика комплектуется элементами ведущих мировых производителей, а металлоконструкции выполнены из высококачественной стали, в т.ч. и импортной. В зависимости от пожелания заказчика управление КМУ может осуществляться с сидения на колонне или с земли, причем управление дублировано, так что оператор может находиться с удобной стороны автомобиля. В последнее время все больший спрос приобретает дистанционное управление, увеличение цены от использования которого уже незначительно. Все стрелы имеют 6-гранный профиль, что увеличивает их жесткость, позволяют легко центрировать их при телескопировании, обеспечивают прямолинейность движения при выдвижении. Использование в гидравлике пропорциональных распределителей обеспечивает плавную, надежную работу с регулированием скорости движения и точным позиционированием. Это позволяет использовать ИНМАН-50 не только при погрузке-разгрузке, но и при выполнении монтажных работ [19].

На рисунке 3.9 приведена схема нагрузок ИМ 50, а на рисунке 3.10 показан манипулятор ИМ 50 на шасси автомобиля Камаз.

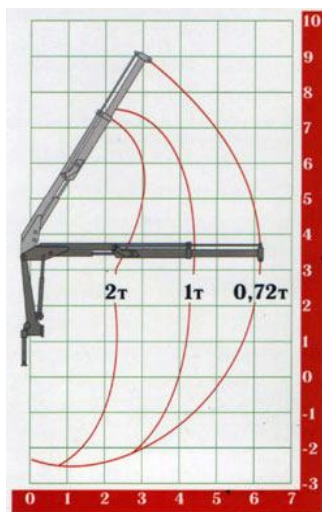


Рисунок 3.9 - Таблица
нагрузок манипулятора
ИМ 50



Рисунок 3.10 - Манипулятор ИНМАН ИМ 50

Palfinger (Австрия) [20]. Срок службы конструкции гидроманипулятора- более 15 лет. Рукава высоко расположены внутри конструкции манипулятора, что исключает повреждения маслоприводов и РВД. Рабочая температура от -40 до $+40^{\circ}$. Благодаря системе HSS, которая направляет масло из одной полости цилиндра в другую, увеличивается скорость

выдвижения цилиндров. Увеличенная грузоподъемность достигается за счет рычажной подвески подъемного цилиндра.

Манипулятор Pafinger M100L80 приведен на рисунке 3.11.

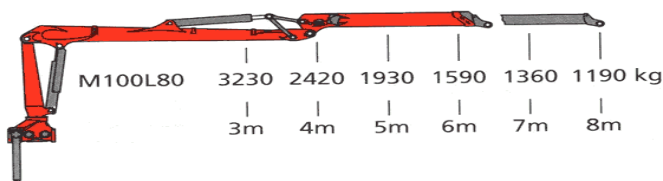


Рисунок 3.11 - Манипулятор конструкции Pafinger M100L80

FASSIF80A.22 (Италия) [21]. При производстве крана-манипулятора используется высокопрочная и износостойкая сталь марки WELDOX 900, не теряющая своих свойств при низких температурах (до -60°C). Может быть использовано любое навесное оборудование: палетные вилы, бурильное оборудование, ковши, лебедки и т.п. (за исключением люльки). Технология и материалы, применяемые для производства крано-манипуляторных устройств, высоко технологична, и позволяет применять высококачественные стали, чугун, используются краски, стойкие к соли. Устанавливаются хромированные внутренние цилиндры вращения, гальванизированные трубопроводы, надежные гидравлические шланги. Мощная и универсальная гидравлическая система позволяет своевременно регулировать скорость подъема и решать сложные задачи при погрузочно-разгрузочных работах. Кран-манипулятор оснащен системами защиты, которые позволяют уменьшать скорость движения в случаях перегруза, а также полной остановки и блокировки в случае серьезных отклонений от необходимых норм. Кран-манипулятор может комплектоваться радиоуправляемым устройством, что обеспечивает точность при проведении погрузочно-разгрузочных работ, и особенно монтажных работ. КМУ снабжены звуковыми и световыми сигналами, которые оповещают о превышении максимально допустимых режимов эксплуатации. КМУ комплектуются различными пультами управления, которые расположены отдельно или находятся на стойке КМУ, в таком варианте комплектуется место для сидения

оператора. В конструкциях применяются шестигранные профили, что усиливает жесткость кранов-особенно к боковым крутящим моментам. В гидросистеме применяются фильтры высокого давления и отстойники для удаления механических частиц из рабочей жидкости. Условия эксплуатации конструкции находятся в температурном диапазоне от -40° до +40°С.

Манипулятор FASSI F80A.22 приведен на рисунке 3.12.



Рисунок 3.12. Манипулятор FASSI F80A.22

UNICUR-V504 (Япония). Кран-манипулятор **UNICUR-V504**-это гидравлический кран с полноповоротной телескопической стрелой и тросовой подвеской крюка.

В отличие от кран-манипулятора, не имеющего тросовой подвески грузозахватного органа, кран-манипулятор **UNIC** имеет следующие преимущества:

- простота конструкции: меньшее количество узлов и шарниров. Следовательно, меньше деталей, подверженных износу, и соответственно — повышение надежности и удешевление сервисного обслуживания;
- точное позиционирование груза за счет наличия тросовой подвески крюка. Груз опускают на подготовленную поверхность с минимальной погрешностью, благодаря возможности поворачивать груз в пространстве и возможности контролировать процесс опускания, корректируя его путем оттягивания троса;
- опускание груза строго вертикально по прямой, в отличие от траектории манипулятора жесткой конструкции;
- возможность подъема и опускания груза из-за препятствий (заборы, стены либо иные препятствия);

- возможность работы с грузами ниже уровня стоянки (колодцы, карьерные работы и т. д.);
- возможность использования крановых установок UNIC в различных областях: строительство, озеленение, грузоперевозки и т. д.;
- многозвенная система безопасности кран-манипулятора UNIC, состоящая из датчика длины телескопирования стрелы, датчика угла ее наклона, позволяющая точно отслеживать вес поднимаемого груза и не позволяющая работать с массами, превышающими номинальную грузоподъемность [22].

Манипулятор UNIC приведен на рисунке 3.13.



Рисунок 3.13. Манипулятор UR-V504

Синегорец-75 (Россия, Златмаш). Гидроманипуляторы Синегорец-75 могут монтироваться как на шасси, так и стационарно и применяться в составе лесовоза и лезозаготовительной техники. Гидросистема крана-манипулятора, разработанная ОАО Златмаш, обеспечивает скорость работы гидроманипулятора (погрузка/разгрузка), а также ее плавность, то есть гарантирует отсутствие срывов. Конструктивные особенности крана-манипулятора и запатентованная колонна позволяют выдерживать критические нагрузки во время работы манипулятора. Система гидрозамков грейфера обеспечивает безопасность и стабильность при работе навесного оборудования. Манипулятор имеет надежную защиту от механических повреждений узлов системы, трубопроводов и РВД. Гидроманипулятор Синегорец-75 разработан для интенсивной работы в самых экстремальных условиях. Все модели спроектированы для профессионального использования и представляют собой оптимальное сочетание современных машиностроительных технологий, лучших компонентов и материалов [23].

На рисунке 3.14 приведен манипулятор Синегорец-75.

Одной из основных тенденций развития в области крано-манипуляторных установок являются вопросы безопасности. Компания Hiab (Швеция) разработала для Европы систему защиты оператора от опасности во время управления краном OPS (рисунок 3.15). Это достигается за счет ограничения движений крана в зоне «виртуальной кабины безопасности».



Рисунок 3.14. Гидроманипулятор Синегорец-75

Специальные датчики движения стрелы крана не позволяют ей войти в зону безопасности оператора. Размер и положение «виртуальной кабины безопасности» можно легко отрегулировать в зависимости от модели манипулятора. Система приводится в действие, как только оператор наступает на платформу, и отключается, как только сходит с нее.



Рисунок 3.15. Система безопасности OPS компании Hiab

Обязательным атрибутом любого манипулятора является его грузозахватное устройство. Сменные рабочие органы являются специализированными грузозахватными приспособлениями, предназначенными для работы с различными типами грузов, что позволяет значительно расширить область применения гидроманипуляторов и обеспечить их высокую производительность и универсальность при использовании в различных отраслях народного хозяйства. Авторами был проведен обзор типов конструкций современных съемных рабочих органов, который представлен в таблице 3.1. Данные рабочие органы производятся предприятиями холдинговой компании ООО "Велмаш-С" (Россия).

Таблица 3.1.

Съемные рабочие органы для гидроманипуляторов

Описание	Рисунки
Грейферы, предназначенные для работы с лесом; используются для погрузки, выгрузки, подтаскивания и штабелирования лесоматериалов	
Грейферы клещевые (пачковые); предназначены для бесчokerной трелевки леса, подтаскивания и штабелирования лесо-материалов.	
Грейферы, предназначенные для работы с металлоломом и сыпучими материалами.	
Ковшовые грейферы с вертикальным расположением гидроцилиндра; предназначены для погрузки сыпучих и малосыпучих материалов. Используются также для рытья	

траншей, канав и ям в грунтах 1 и 2 категории в немерзлом состоянии.	
Ковшовый грейфер с горизонтальным расположением гидроцилиндра; предназначен для погрузки сыпучих и малосыпучих материалов	
Вильчатый грейфер с вертикальным расположением гидроцилиндра	
Захват для рулонов; предназначен для перемещения рулонов сенажа в герметичной упаковке	
Крюковые подвески; предназначены для погрузки, выгрузки штучных и затаренных грузов.	
Вилочный подхват для поддонов; предназначен для перемещения пакетированных грузов массой до 1,5 т.	
Устройство грузозахватное; предназначено для перемещения бордюрного камня и других предметов прямоугольного сечения.	
Устройство грузозахватное; предназначено для перемещения грузов, имеющих отверстие.	

Фирмой RamtecOy (Финляндия) выпускаются специализированные съемные рабочие органы [24].

Грейфер-разрушитель для сноса и демонтажа сооружений, разборки и сортировки Robi DG (рисунок 3.16) был разработан для работы в жестких условиях и соответствует самым высоким стандартам по сносу сооружений и утилизации. Его прочная и износостойкая конструкция, в совокупности с мощными гидроцилиндрами, обеспечивает наилучшие производственные показатели. Техническое обслуживание грейфера-разрушителя Robi DG минимизируется благодаря прочной и надежной в эксплуатации конструкции и сменным ножам. Обратный затворный клапан гидроцилиндра гарантирует надежную и производительную работу.



Рисунок 3.16 - Грейфер – разрушитель RobiDG

Захват-манипулятор Robi HG (рисунок 3.17) – приспособление для сортировки и различных манипуляций длинными конструкциями (лесоматериалами, трубами, сортовым прокатом и т.д.) Регулируемое усилие гидравлики обеспечивает как манипуляцию материалами, особенно длинными конструкциями, так и аккуратный демонтаж, особенно где необходима осторожность при разборке конструкции.



Рисунок 3.17. Захват-манипулятор RobiHG

Для разрушения железобетонных конструкций были разработаны гидротножицы Ramtec–Robi (рисунок 3.18), предназначенные для резания арматуры и других металлических конструкций.



Рисунок 3.18 -
Гидроножницы Ramtec–Robi

Компания Cranab AB (Швеция) предлагает передовые технические решения в области крано-манипуляторных установок и сменных рабочих органов [25].

Захваты Cranab представлены на рисунке 3.19. Их отличительные особенности заключаются в том, что в захватах применены пальцы экспандерного типа, что позволяет увеличить срок службы в 4–5 раз до замены и составляет 10–12 тыс. часов наработки (обычные пальцы допускают 2–3 тыс. часов наработки); гидравлические цилиндры оборудованы демпферным тормозом, позволяющим избежать удара при раскрытии захвата; большая скорость открытия захвата, позволяющая пачке груза падать, не рассыпаясь в воздухе; форма захвата оптимизирована таким образом, что позволяет не загребать землю при сборе пачки с земли.



Рисунок 3.19. Захваты компании Cranab AB

Из обзора становится очевидным, что современные грузозахватные устройства оснащаются гидравлическим приводом и производителями уделяется мало внимания повышению универсальности своей продукции. Это обусловлено стремлением к экономической выгоде, т.е. желанием предприятия реализовывать и обслуживать большее количество своей продукции.

4. РАСШИРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МОНТАЖНЫХ КРАНОВ

4.1 Пути модернизации элементов конструкции и механизмов кранов

Для определения технической возможности изменения грузовой характеристики крана были исследованы факторы, влияющие на основные параметры кранов (грузоподъемность и грузовой момент): устойчивость крана, несущая способность опор, давление на грунт, несущая способность ходовой платформы, механизма передвижения, механизма поворота, стрелы, стрелоподъемной системы, механизма подъема.

При исследовании несущей способности стрелоподъемной системы определялась только несущая способность стрелоподъемного полиспаста, т.к. она определяет несущую способность всей системы, включая тяги, укосины, стойки и стрелоподъемную лебедку. При этом были выведены зависимости грузоподъемности крана от угла наклона стрелы.

Для стрелы

$$Q=15,78 \left[1,8+\cos(180^{\circ}-\alpha) \right],$$

где α - угол наклона стрелы.

Для поворотной платформы

$$Q=15,78 \left[1,8+2,0 \cos (180^{\circ}-\alpha) \right].$$

Несущая способность опор ходовой платформы и давление на грунт имеют общую зависимость от вылета крюка, т.к. между ними существует прямая зависимость. В основе полученных зависимостей лежит принцип сохранения максимально допустимого напряжения в узлах (максимально допустимой установившейся мощности механизмов) независимо от вылета крюка. При этом несущая способность узла (нагрузочная способность механизма) определяется как грузоподъемность крана, соответствующая максимальному напряжению (максимальной мощности) в узле (механизме).

При выведении зависимостей использованы формулы, применяемые для прочностных и силовых расчетов крановых узлов и механизмов.

По полученным формулам были построены графики, которые позволили наглядно оценить резервы по несущей способности, заложенные в узлах и механизмах крана, и наметить пути модернизации с целью увеличения грузоподъемности или грузового момента. Увеличение грузоподъемности крана лимитируется, в основном, устойчивостью, стрелоподъемной системой и поворотной платформой, в то время как стрела и ходовая платформа значительно недогружены. На основании графиков был выполнен анализ использования металла и электроэнергии у крана МКГ-25 при работе на монтаже одноэтажных промышленных зданий. Анализ базируется на следующих исходных данных:

на зависимости массы кранов от грузоподъемности (рис.4.1): зависимость массы отдельных узлов и механизмов от грузоподъемности имеет такой же вид в силу сохранения примерных пропорций между массами узлов и механизмов независимо от типоразмеров кранов; на степени использования максимальной паспортной грузоподъемности крана МКГ-25, равной 51%, что соответствует вылету крюка 7м; на временной нагрузке механизмов крана при трехсменной работе, принятой для механизмов подъема, поворота, изменения вылета, перемещения соответственно 1,8; 1,35; 0,15; 12ч;

на потребляемой мощности приводов подъема и изменения вылета крюка, уменьшающейся примерно на 30% по сравнению с мощностью при номинальной нагрузке при работе без подвешенного груза; на потребляемой мощности механизмов поворота и передвижения, зависящей от нагрузки на крюке; на числе смен работы в году крана МКГ-25.

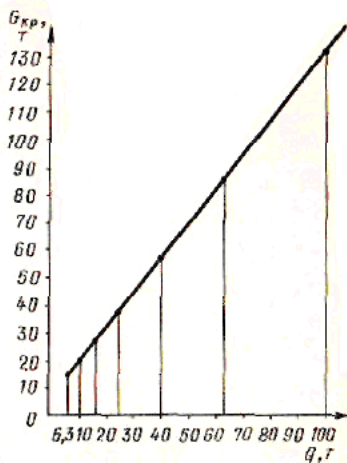


Рисунок 4.1. Зависимость массы гусеничных кранов $G_{кр}$ от грузоподъемности Q

4.2 Существующие способы изменения грузовых характеристик

Одним из направлений расширения технологических возможностей монтажных кранов является рациональное изменение их грузовых характеристик непосредственно на строительной площадке, что дает возможность, в ряде случаев, использовать краны меньшей мощности по сравнению с применяемыми.

Способы изменения грузовой характеристики стреловых самоходных кранов можно подразделить на две группы.

К первой группе относятся способы, предусматривающие применение внешних дополнительных связей между определенными узлами крана и площадкой, на которой он работает, а также между двумя кранами при их совместной работе. Сюда относятся: расчаливание стрелы; перемещение основания стрелы на дополнительную опору, приближенную к поднимаемому грузу; опирание оголовка стрелы на вспомогательную конструкцию; соединение оголовков стрел двух работающих кранов.

Указанные способы могут также комбинироваться в различных сочетаниях.

Ко второй группе относятся способы, не предусматривающие наложения дополнительных внешних связей на кран.

Расчаливание крановых стрел предусматривает замену стрелоподдерживающей системы крана расчалкой регулируемой длины, которая крепится к наземному якорю или к другой конструкции вне крана. Увеличение грузоподъемности и грузового момента крана в этом случае объясняется тем, что нагрузки, снижающие расчаленную стрелу, меньше, чем при работе стрелоподдерживающей системы (при одном и том же грузе). Расчеты показывают, что при работе с расчаленной стрелой грузоподъемность и грузовой момент крана могут быть увеличены в 1,5-5 раз в зависимости от вылета крюка. Увеличение грузового момента на больших вылетах крюка объясняется отсутствием влияния устойчивости крана на его грузоподъемность. Основным показателем, регламентирующим грузоподъемность крана, становится прочность его элементов. Вследствие этого характер зависимости грузоподъемности от вылета крюка, присущий замкнутым, самоуравновешивающимся грузоподъемным системам, заменяется более пологими и удобными при эксплуатации крана. Краны с расчаленными стрелами в настоящее время применяются при монтаже технологического оборудования, позволяя во многих случаях отказаться от использования дорогостоящих и трудоемких такелажных средств.

Перемещение стрелы крана на дополнительную опору, расположенную между поднимаемым грузом и краном, позволяет поднимать большие грузы, чем до модернизации, т.к. выносом стрелы достигается более вертикальная ее установка, при этом сжимающие усилия уменьшаются. Наряду с наличием дополнительной опоры это позволяет разгрузить раму и ходовую часть крана. Подстреловое пространство при этом несколько уменьшается. Для сохранения мобильности крана дополнительная опора может быть снабжена ходовым устройством.

Опираание оголовков крановых стрел на вспомогательные конструкции также позволяет увеличить грузоподъемность

кранов за счет повышения их устойчивости. Опорой при этом может служить вертикальная или наклонная ферма, мачта или шевр. Стрелоподдерживающая система из работы под нагрузкой исключается.

Соединение оголовков стрел двух работающих кранов дает такой же эффект, как и опирание оголовков. При этом для увеличения подстрелового пространства оголовки могут быть соединены ригелем. Это позволяет значительно (в 2-5 раз) увеличить грузоподъемность и грузовой момент кранов. Однако при этом в той или иной степени ограничивается или полностью исключается возможность использования некоторых рабочих крановых операций. Кроме того, эти способы требуют значительных подготовительных работ перед каждым подъемом. Поэтому они весьма эффективно применяются при необходимости временного увеличения грузоподъемности и грузового момента кранов, паспортные характеристики которых не позволяют поднимать грузы большой массы и габаритов. Часто это бывает в тех случаях, когда на объекте нет кранов необходимой грузоподъемности, а переброска их с других объектов практически не целесообразна из-за небольшого объема работ.

Способы, относящиеся ко второй группе, основаны на повышении устойчивости крана при сохранении его статуса свободно стоящего сооружения и сводятся к двум основным направлениям: увеличению опорного контура крана в рабочем положении; уравниванию крана для исключения возможности выхода горизонтальной проекции его центра тяжести за пределы опорного контура.

Размеры опорного контура самоходных кранов, определяемые габаритами ходовой части, ограничиваются требованиями мобильности. Кроме того, применяемые в ней шины имеют низкую несущую способность и значительно ограничивают грузоподъемность кранов на пневмоколесах. Применение выносных опор позволяет разгрузить ходовую часть крана и увеличить его опорный контур, приблизив ребро опрокидывания к поднимаемому грузу. Имеются отдельные примеры применения выносных опор на гусеничных кранах, в

частности фирмами «Харнишфегер» и «НЦК Рапид» (США). При этом грузоподъемность кранов увеличивалась на 14-20%.

Создание мобильных кранов, в том числе на спецшасси автомобильного типа, обусловило необходимость сокращения времени приведения крана в рабочее положение, в которое входит время установки на выносные опоры. Поэтому в настоящее время большинство кранов имеют механизированные опоры, особенно краны с гидроприводом. Имеется тенденция к переходу от общего управления всеми гидроопорами к индивидуальному, что позволяет лучше приспособляться к поверхности площадки.

Гидравлические опоры гарантируют полное вывешивание мостов крана, что увеличивает его устойчивость и обеспечивает безопасную эксплуатацию. Существенным недостатком выносных опор является снижение маневренности крана. Чтобы кран не терял способности перемещаться с грузом по строительно-монтажной площадке, разработаны и применяются катковые выносные опоры, которые позволяют крану перемещаться с грузом. Применение катковых опор значительно повышает требования к планировке поверхности участка, на котором работает кран. Эта трудность устраняется при применении кранов, у которых увеличение опорного контура достигается раздвижением гусениц в поперечном направлении.

Такие устройства имеются у кранов МКГ-25БР, 75-т кранов М-750 фирмы «Менк», кранов моделей 70-Д и 50-Д фирмы «Нортвест», крана модели 700НС фирмы «Кларк Лайма», 136-т крана фирмы «Харнишфегер» и др.

Устройства для раздвижения гусениц на зарубежных кранах выполнены, как правило, по одной схеме: два гидродомкрата приподнимают кран, после чего с помощью двух других осуществляется раздвижение или сближение гусеничных тележек.

Применение уравнивающих систем дает следующие преимущества перед увеличением опорного контура:

сохраняется полезное подстреловое пространство; не увеличивается нагрузка на опорно-поворотный круг; возможно передвижение крана как рабочая операция (в сравнении с увеличением опорного контура при применении обычных

выносных опор); не предъявляются повышенные требования к рабочей площадке (в сравнении с увеличением опорного контура при применении катковых опор).

Уравновешивание стреловых кранов осуществляется в большинстве случаев в результате применения противовеса необходимой массы и с оптимальным расположением центра тяжести. Создавая дополнительный удерживающий момент, противовес позволяет увеличить грузовой момент крана. При этом максимальное значение удерживающего момента, созданного противовесом, ограничивается условием обеспечения собственной устойчивости ненагруженного крана. Большинство самоходных кранов имеют фиксированный противовес, расположенный в хвостовой части поворотной платформы. Однако в настоящее время создаются и используются краны с регулируемыми противовесными устройствами, которые можно разделить на две группы: со съёмными противовесами и с перемещающимися противовесами.

Съёмные противовесы в основном используют на мощных автокранах и на кранах на специальном шасси автомобильного типа в связи с необходимостью обеспечить усилие на ось в транспортном положении, не превышающее допустимое (обычно 0,1-0,12 МН). При этом их перевозят на отдельном транспортном средстве, либо снимают с поворотной платформы и устанавливают на шасси крана так, чтобы усилия на оси были распределены по возможности равномерно. Важной задачей является механизация операции съема и установки противовеса, для того чтобы сократить время приведения крана из рабочего положения в транспортное и наоборот, а также чтобы производить эти операции без применения дополнительных грузоподъемных средств.

Эта задача решена, в частности, на автокране модели НС-238 одной итальянской фирмы грузоподъемностью 116 т, у которого имеется гидравлическое приспособление для подъема и опускания противовеса.

Разновидностью сменных противовесов являются **тяжелые противовесы**, предназначенные для значительного увеличения грузоподъемности кранов. Связанные с поворотной платформой, они опираются на грунт собственным опорным устройством при

ненагруженном крюке крана. При подъеме груза противовесы отрываются от площадки, создавая удерживающий момент.

Такие противовесные устройства, как «Скай Хорс», применяются на некоторых гусеничных кранах фирмы «Америкен Хойст энд Деррик Ко», увеличивая их грузоподъемность более чем в два раза. Данный противовес представляет собой стальной бак для воды емкостью, примерно, 60 тыс.л на колесах с шинами, расположенный непосредственно за стандартным противовесом. Противовес шарнирно связан с платформой и регулируемыми канатными расчалками со специальной мачтой, поддерживающей стрелу (система типа «Деррик»). Когда нет необходимости в специальном подъеме, приспособление «Скай Хорс» демонтируют, и кран используют для других работ. Его можно переоборудовать за 12 ч. Кран модели «Америкен 9299», снабженный устройством «Скай Хорс», поднимает 81 т, а кран модели «Америкен 11250», имеющий 30-м мачту и 60-м стрелу, - 36 т на вылете 46,5 м.

В устройствах с перемещающимся противовесом его перемещение может быть установочным или автоматическим. **При установочном перемещении противовеса** им управляет машинист крана. При подъеме груза максимальной массы он устанавливает противовес в положение, наиболее удаленное от оси вращения платформы крана, и, наоборот, смещает в сторону оси при снятии груза. Устройства с установочным противовесом позволяют уменьшить массу противовеса, а также длину крана в транспортном положении. Наибольшее применение такие противовесы получили на кранах с гидравлическим приводом, где для перемещения противовеса используются гидроцилиндры.

Таковы краны на специальном шасси фирмы «Гроув Мануфактуринг Ко» (США) моделей ТМ-400, ТМ-600 и ТМ-800 грузоподъемностью соответственно 45, 60 и 80 т, а также модели ТМС-35LP грузоподъемностью 40,8 т на вылете 3,05 м, автокраны моделей 55С и 65С фирмы «Бисайрус Ерие» (США), автокран модели ТАК 120 фирмы «Кларк Клессдонер Фарцойч Верке» (Германия), у которого противовес массой 2,5 т выдвигается на 1,5 м; пневмоколесный кран модели НС 80 фирмы «Демаг» (Германия) грузоподъемностью 30 т и

гусеничный кран модели 25-SC «Суперкран» фирмы «Растон Бисайрус Лимитед» (США) грузоподъемностью 25 т.

Наиболее эффективны для уравнивания самоходных кранов **устройства с автоматически перемещающимися противовесами**, которые по принципу действия могут быть подразделены на три основные группы в зависимости от связи перемещения противовеса с изменением вылета крюка, нагрузки на крюке, грузового момента.

Устройства первой группы недостаточно эффективны, так как не реагируют на изменение нагрузки на крюке и используются главным образом для уравнивания стрелы с целью уменьшения мощности привода стрелоподъемного механизма.

Для самоходных кранов такой принцип использовала фирма «Гроув Мануфактуринг Ко», изготовившая 41-тонный кран на спецшасси марки ТМ 425Т, лебедки которого у основного и дополнительного подъема смонтированы непосредственно на нижней части стрелы и служат одновременно противовесом.

Устройства второй группы реагируют на изменение нагрузки на крюке. Максимальный эффект обеспечивают **устройства третьей группы**, которые реагируют как на изменение вылета крюка, так и на изменение нагрузки на крюке.

Такие устройства применяют на башенных кранах, в частности, на кране модели «Кенгуру» STD-2700 австралийской фирмы «Фавелл Мот Лимитед».

В настоящее время разработано и установлено на гусеничный кран МКГ-25 устройство с автоматически перемещающимся противовесом третьей группы. В этом устройстве перемещение противовеса происходит под воздействием силы тяжести поднимаемого груза, и значение перемещения устанавливается автоматически в зависимости от массы груза и вылета крана. Эффект достигается запасовкой полиспаста перемещения противовеса и грузоподъемного полиспаста общим канатом, а также размещением полиспаста противовеса на концах двух поворотных стоек, одна из которых связана с оголовком стрелы. Такое оснащение крана позволяет увеличить грузоподъемность в 1,7-2,0 раза на вылетах крюка, превышающих минимальный.

4.3 Пути расширения технологических возможностей

Тенденции к широкому распространению крупноблочного монтажа, повышению средней этажности зданий, увеличению доли уникальных зданий и сооружений и другие факторы обуславливают рост значимости параметрического соответствия кранов характеристикам объектов. Однако противоречие между большим разнообразием сооружаемых объектов и относительно ограниченной номенклатурой кранов, выпускаемых промышленностью, даже при правильном выборе крана не обеспечивает полной реализации его возможностей, а, следовательно, снижает эффективность использования. Кроме того, потребности строительного производства, как правило, опережают разработку и выпуск кранов с необходимыми параметрами.

Решение вопроса существенного расширения номенклатуры выпускаемых кранов, создание узкоспециализированных машин для каждого вида монтажных работ является нереальным и нецелесообразным в условиях массового производства кранов. Кроме того, наличие большого парка специализированных кранов в строительной организации при часто меняющемся характере объектов неизбежно привело бы к значительным простоям.

С учетом всего сказанного наиболее целесообразно **значительное увеличение числа модификаций кранов** всех типов, соответствующих в максимальной степени характеристикам определенного объекта или группы объектов. При этом необходимо, чтобы была предусмотрена возможность перевода крана из одной модификации в другую непосредственно на строительной площадке.

Технической основой для модификации может служить возможность улучшения какого-либо параметра крана, наиболее важного для заданных условий за счет ухудшения другого или других менее важных параметров. Например, можно увеличить грузоподъемность или грузовой момент крана за счет снижения его маневренности и мобильности, увеличить высоту подъема и вылет крюка за счет снижения грузоподъемности и т.д.

Как было показано в §4.2, существуют различные способы изменения грузовой характеристики стреловых самоходных

кранов, связанные с наложением дополнительных внешних связей на узлы крана. Большинство из этих способов требуют трудоемких подготовительных работ, связанных с использованием элементов такелажной оснастки. Наличие элементов такелажной оснастки снижает безопасность работ в связи с тем, что их устройство производится в условиях монтажной площадки, где трудно обеспечить необходимый контроль и испытание.

Дальнейшее развитие способов изменения грузовых характеристик кранов с применением дополнительных внешних связей должно идти по пути создания новых схем крановых модификаций, требующих минимальной трудоемкости подготовительных работ и обеспечивающих безопасное проведение грузоподъемных операций.

Другой путь приближения параметров кранов к характеристикам объектов – **создание модификаций кранов с различными соотношениями между грузоподъемностью и грузовым моментом**, т.е. увеличение грузового момента при снижении грузоподъемности и наоборот. Эти модификации могут быть реализованы при помощи способов второй группы (см. §4.2).

Достоинство этого пути – сохранение всех рабочих крановых операций. Недостаток – меньший диапазон изменения грузовых характеристик, чем при наложении на кран внешних связей. Из всех способов второй группы только применение съемных противовесов отвечает требованиям возможности перевода из одной модификации в другую непосредственно на строительной площадке и возможности использования в качестве базовых кранов выпускаемые в настоящее время серийные краны.

Совместно со съемными противовесами могут быть применены другие вспомогательные способы, изменяющие несущую (нагрузочную) способность узлов (механизмов) (рис.4.2). Применение съемных противовесов влияет на шесть факторов, определяющих возможность изменения грузовой характеристики крана. Это объясняется тем, что противовесы в значительной степени влияют на массу крана в целом и на расположение его центра тяжести, что в конечном счете

определяет устойчивость крана и нагрузки на большинство его узлов и механизмов.

Увеличение кратности грузового полиспаста и использование лебедки вспомогательного подъема позволяет повысить нагрузочную способность механизма подъема крана, что необходимо для повышения максимальной грузоподъемности. При этом на длинных стрелах используются свободные ролики неподвижной обоймы грузового полиспаста, а на основной стреле добавляются в неподвижной обойме один-два ролика. Для обеспечения требуемой канатоемкости свободный конец грузового полиспаста запасовывается на лебедку вспомогательного подъема. Описанная схема неоднократно применялась в практике подъема тяжелых грузов.

Увеличение времени разгона механизма поворота крана позволяет уменьшить инерционные нагрузки на механизм поворота и таким образом увеличить его нагрузочную способность.

Увеличение угла между осями стрелы и стрелоподъемного полиспаста позволяет снизить сжимающее осевое усилие в стреле и таким образом увеличить ее несущую способность. Одновременно снижается нагрузка на стрелоподъемную систему. Практически увеличение угла достигается за счет удлинения стойки стрелоподъемной системы.

Запасовка свободным концом грузового каната дополнительного полиспаста, соединяющего оголовки стрелы со стойкой стрелоподъемной системы, позволяет разгрузить стрелоподъемную систему. Этот способ нашел применение в некоторых конструкциях порталных кранов.

С учетом вышеуказанных способов была разработана методика определения диапазона изменения грузовых характеристик кранов. Она базируется на последовательной количественной оценке влияния конструктивных изменений на каждый фактор, определяющий возможную грузовую характеристику, и отборе тех факторов, которые являются определяющими для формирования грузовой характеристики.

Методика предусматривает четыре этапа работ: определение максимальной массы дополнительного съемного противовеса и выбор места его расположения; определение зависимостей

несущей (нагрузочной) способности узлов (механизмов) крана от вылета крюка с учетом установки дополнительного противовеса; корректировка полученных зависимостей в сторону максимального приближения их значений к наибольшему для требуемого вылета за счет реализации других конструктивных изменений; формирование новой грузовой характеристики.

Анализ несущей способности узлов и механизмов кранов показал, что в тех случаях, когда при изменении вылета крюка от минимального до некоторого большего значения грузоподъемность крана в соответствии с грузовой характеристикой сохраняет постоянную величину, можно увеличить грузоподъемность крана на минимальном вылете. Для этого достаточно повысить несущую способность стрелы за счет увеличения угла между осями стрелы и стрелоподъемного полиспаста. В некоторых случаях может возникнуть необходимость съема части грузов противовеса.

При работе с БСО требуется увеличить только угол между осью клова и его оттяжкой. Указанные способы дают возможность увеличить грузоподъемность кранов на минимальном вылете приблизительно на 40%.

4.4 Устройства с внешними дополнительными связями на кран

Общие требования к способам изменения параметров кранов могут быть сформулированы следующим образом: минимальные изменения конструкции собственно крана; минимальная трудоемкость подготовительных работ; минимум ограничений по рабочим операциям; максимальная универсальность дополнительных устройств; обеспечение безопасности работ.

В соответствии с указанными требованиями авторами разработан ряд схем использования дополнительных устройств, расширяющих технологические возможности кранов.

Большие возможности по повышению грузоподъемности кранов представляет увеличение угла между осями стрелоподъемного полиспаста и стрелы за счет образования деррик- системы, как это сделано в устройствах типа «Супер Лифт» и «Скай Хорс».

Однако установка на кран мачты, образующей деррик - ← систему, предъявляет к крану дополнительные требования. Поэтому такая схема не может быть использована на существующих кранах. Для них может быть применена схема, основанная на отделении мачты от крана и опирании ее на грунт, в результате чего нагрузка от стрелоподъемной системы передается через мачту непосредственно на грунт. В этом случае проблема состоит в том, как сделать, чтобы стоящая отдельно мачта не препятствовала вращению поворотной платформы крана.

Был проведен поиск путей решения этой проблемы. За основу была принята схема самоходного стрелового крана, содержащего ходовую часть, которая несет поворотную платформу с шарнирно закрепленной на ней стрелой. Были предложены 4 схемы кранов с устройствами для увеличения грузоподъемности:

- 1) с шевром, перемещающимся по выносному опорному сектору;
- 2) с вынесенной треугольной опорной стойкой;
- 3) с дополнительной опорной стойкой (шевром);
- 4) с дополнительными опорой и противовесом.

Дальнейшим развитием названных устройств для увеличения грузоподъемности кранов является замена шевра трехстоечным порталом (рис.4.3), устанавливаемым на основание, снабженное тележками с приводом. Тележки могут перемещаться по кольцевому рельсу, установленному на шпальной клетке. Основание снабжено противовесом.



Рисунок 4.2. Схема влияния конструктивных изменений на факторы, определяющие возможную грузовую характеристику крана

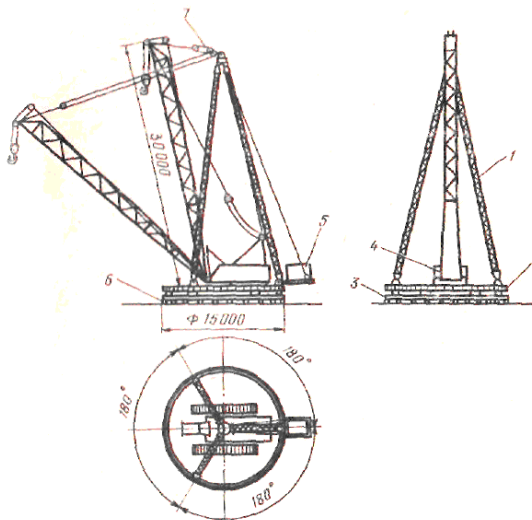


Рисунок 4.3. Гусеничный кран с поворотным трехстоечным порталом: 1-трехстоечный портал; 2-основание; 3-кольцевой рельс; 4-кран; 5- дополнительный противовес; 6-шпальная клеть; 7-полиспаст

Вершина портала соединяется с оголовком стрелы полиспастом. Такая конструкция устройства обеспечивает работу крана с полным поворотом, что расширяет область его применения.

Для монтажа и погрузочно-разгрузочных работ предусмотрено использование крана на пневмоколесном ходу КС-6362, грузоподъемность которого увеличена при работе со стрелой $\ell = 15$ м с 40 до 60 т на вылете до 14м за счет применения трехстоечного портала. В конструкции устройства может быть предусмотрена возможность его установки и перемещения в пределах района застройки самим краном.

В описанных выше конструкциях такелажные устройства играют вспомогательную роль, разгружая узлы и повышая устойчивость кранов. Вместе с тем, имеются также конструкции аналогичного назначения, у которых основные рабочие операции по подъему груза выполняет такелажное устройство.

Для устройств, увеличивающих грузоподъемность кранов и содержащих элементы такелажной оснастки, анализировалась возможность снижения трудоемкости приведения в рабочее

положение таких элементов. Это осуществляется в конструкции передвижного якоря, груз которого установлен с возможностью продольного перемещения в направлении рамы. При этом обеспечивается равномерное распределение нагрузки от якоря на грунт.

4.5 Устройства без внешних дополнительных связей на кран

На основании проведенных исследований по определению диапазона изменения грузовых характеристик кранов в ЦНИИОМТП были разработаны исходные (технические) требования к модификации крана МКГ-25БР с увеличенной грузоподъемностью на больших вылетах крюка и выполнен рабочий проект этой модификации (рис.4.4).

Перевод крана в новую модификацию заключается в следующем: устанавливаются новые стойка и укосина стрелоподъемной системы с целью увеличения угла между осями стрелоподъемного полиспаста и стрелы; на ось неподвижной обоймы стрелоподъемного полиспаста навешивается штанга с дополнительным противовесом.

Была проанализирована возможность замены кранов, рекомендуемых для применения на монтаже одноэтажных промышленных зданий, модификациями менее мощных кранов.

На монтаже наружного стенового ограждения 100% кранов МКГ-16М можно заменить модификацией крана МКГ-10 и 100% кранов СКГ-40-модификацией крана РДК-25.

Модификациями менее мощных кранов можно заменить краны, использование которых предусмотрено схемами монтажа покрытий одноэтажных промышленных зданий с использованием тяжелых кранов.

Так, для монтажа покрытий зданий с пролетом 18м и шагом колонн 12м продольным методом кран СКГ-100 с БСО можно заменить модификацией крана СКГ-63 с БСО. Для монтажа покрытий тех же зданий поперечным методом кран СКГ-40 с БСО.

Для монтажа покрытий зданий с пролетом 24м и шагом колонн 12м продольным методом кран СКГ-160 с БСО можно заменить модификацией крана СКГ-100 с БСО.

Для монтажа покрытий тех же зданий поперечным методом кран СКГ-100 с БСО можно заменить модификацией крана СКГ-63 с БСО.

Отдельную группу составляют технические решения по увеличению грузоподъемности кранов, базирующиеся на увеличении угла между осями стрелы и стрелоподдерживающей системы. Эти решения позволяют расширить области применения стреловых кранов. Так, монтаж блоков массой более 25 т, устанавливаемых на высоте 60м и более, в настоящее время выполняется с помощью мощных башенных кранов, например, крана БК-406Б. По сравнению с БК-406Б стреловой кран СКГ-100 обладает в полтора раза большим грузовым моментом, его номинальный грузовой момент (6 МНм) позволяет значительно расширить область эффективного применения путем повышения грузоподъемности до уровня грузоподъемности БК-406Б.

Частично проблема улучшения грузовой характеристики была решена путем модернизации крана СКГ-100 (СКГ-100/40 с БСО (35+19), в результате чего грузоподъемность при высоте подъема крюка до 52м составила 40 т.

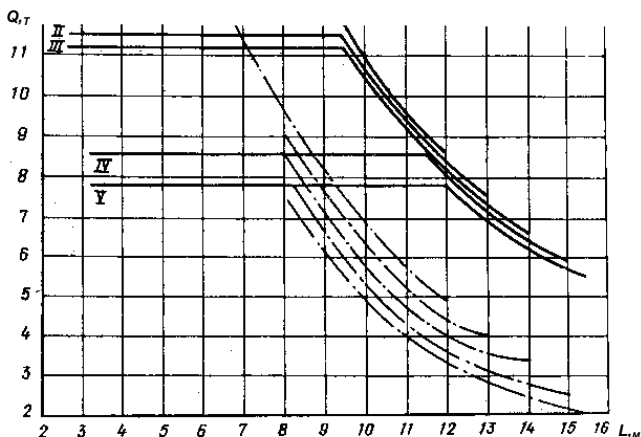


Рисунок 4.4. Грузовые характеристики модификации крана МКГ-25БР со стреловым оборудованием:

I-V-обозначение стрел длиной 13,5; 18,5; 23,5; 28,5; 33,5 м соответственно; характеристики базового крана

При оснащении крана БСО (35+29) с максимальной высотой подъема крюка 61,5м его грузоподъемность не изменяется.

На основании изучения условий использования крана СКГ-100/40 на монтаже объектов доменной печи объемом 3200 м³ выработаны предложения по новой модернизации крана с целью увеличения его грузоподъемности при работе с БСО (35+29) до 35т (на 40%) при высоте подъема до 61,5м. При выборе путей модернизации крана были поставлены следующие условия: грузовой момент и напряжения в элементах крана не должны превышать проектных значений. Поиск оптимального решения по модернизации крана проводился по следующей методике:

Прежде всего устанавливались максимальные расчетные значения усилий в элементах крана при работе его с каждым из двух существующих видов рабочего оборудования: БСО (35+29) при $Q_{\text{макс}}=25$ т и БСО (35+19) при $Q_{\text{макс}}=40$ т. В результате проведенного анализа было установлено, что при повышении грузоподъемности до 35 т обеспечивается необходимый запас устойчивости крана, и для восприятия такой нагрузки требуется только повысить несущую способность 29-метрового гуська крана.

Были рассмотрены два пути повышения несущей способности гуська, при которых может быть сохранен проектный уровень величины напряжений.

Первый путь – это увеличение жесткости гуська, второй – изменение усилия в тяге. Технически оба способа модернизации выполнимы. Но увеличение жесткости гуська связано со значительным увеличением его массы и, следовательно со снижением грузоподъемности, что нежелательно. **Второй путь** позволяет использовать грузовой момент крана более целесообразно. Рассмотрение системы сил, действующих на гусек, выявило, что оптимальное решение поставленной задачи может быть получено удлинением стойки (рис. 4.5).

Использование крана СКГ-100/40 с улучшенной грузовысотной характеристикой позволит повысить эффективность его применения на большинстве монтажных объектов.

Изменение угла между осями стрелы и стрелоподъемного полиспаста у БСО может быть достигнуто за счет перемещения шарнира стрелы вдоль башни (рис. 4.6).

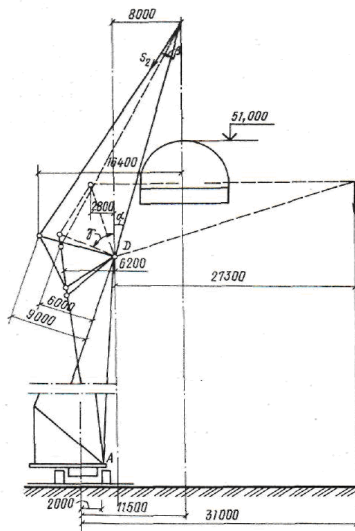


Рисунок 4.5. Увеличение длины стойки гуська у самоходного крана с БСО

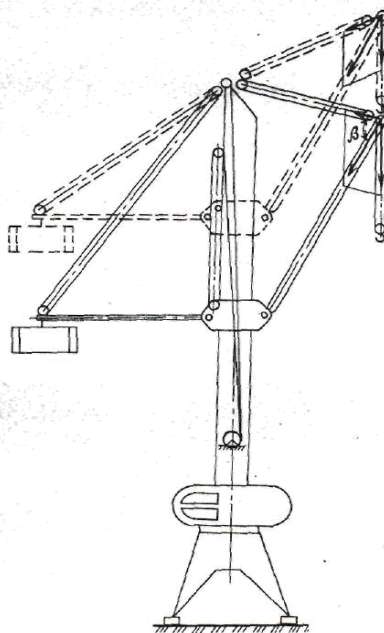


Рисунок 4.6. Кран с перемещающимся вдоль башни шарниром стрелы

5. ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИЙ МОНТАЖНЫХ КРАНОВ НА ДЕФОРМАЦИИ ИХ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

5.1 Сравнение конструктивных схем устройства строительных башенных и самоходных кранов

В разделе 1.5 (см. главу 1) отмечено, что в настоящее время в строительно-монтажных организациях эксплуатируются монтажные краны различных исполнений: башенные и самоходные с основной стрелой и с башенно-стреловым оборудованием (БСО). Для создания БСО основную стрелу самоходного крана ставят почти в вертикальное положение с наклоном в $3...5^{\circ}$ в сторону груза. Эту стрелу применяют в качестве башни, а в качестве стрелы – значительно удлиненный гусек, используемый обычно при горизонтальном положении.

Распространенными средствами для механизации строительно-монтажных работ и вертикального транспорта грузов являются башенные передвижные краны. Высокие сооружения прямоугольного сечения хорошо вписываются в Г-образную форму рабочего оборудования башенного крана, что обуславливает эффективное использование его вылета. Выпускают строительные башенные краны с грузовым моментом до 400 тм, высотой подъема до 83 м и грузоподъемностью до 25 т. В машинном парке башенные краны представлены, в основном, моделями КБ, КБМ, МСК и КБР грузоподъемностью 5-12,5 т и высотой подъема 21-60 м. Башенные передвижные краны целесообразно использовать при длительных сроках пребывания на объектах и в тех случаях, когда использование кранов данного типа обуславливается технологической необходимостью.

При выполнении значительного объема работ по монтажу рассредоточенных на монтажной площадке относительно легких элементов целесообразно использовать самоходные краны, оснащенные БСО с максимально возможной длиной стрел (гуськов). Эти краны обладают преимуществами, которые дает башенная схема (увеличенным подстреловым пространством), и в то же время отличаются проходимостью (гусеничные краны) и мобильностью (пневмоколесные краны). Конструктивные исполнения данных машин многообразны. Выпускают гусеничные краны, оснащенные БСО, с грузовым моментом до 480 тм, высотой подъема до 94 м и

грузоподъемностью до 40 т. В машинном парке гусеничные краны с БСО представлены, в основном, моделями СКГ, ДЭК и МКГС грузоподъемностью 4-20 т и высотой подъема 25-63 м.

Пневмоколесные краны со стреловым и башенно-стреловым рабочим оборудованием целесообразно использовать при выполнении строительно-монтажных работ на мелких рассредоточенных объектах. Выпускают пневмоколесные краны со сменным БСО с грузовым моментом до 320 тм, высотой подъема до 45 м и грузоподъемностью на опорах до 20 т. В машинном парке пневмоколесные краны с БСО представлены, в основном, моделью КС грузоподъемностью на опорах 4-16 т и высотой подъема 16-40 м.

Во многих случаях БСО используется при работе крана с большим вылетом крюка, когда применение наклонной подъемной стрелы ограничивает подстреловое пространство. Возможность работы самоходных монтажных кранов со стреловым и башенно-стреловым оборудованием, имеющим различные технические параметры, позволяет одной машиной вести монтаж тяжелых конструкций на небольшой высоте и относительно легких конструкций - на большой высоте. Использование БСО позволяет обслуживать одним краном с одной стоянки значительную зону монтажной площадки, которая увеличивается пропорционально квадрату вылета крюка, и существенно уменьшить число стоянок кранов и общую протяженность их перемещений по площадке возводимого объекта по сравнению с кранами меньшей грузоподъемности.

По конструктивному исполнению рабочего оборудования башенные передвижные краны отличаются от самоходных с БСО на гусеничном и пневмоколесном ходу. В башенных кранах моделей КБ, КБМ и др. применяется подъемная сжатая стрела либо горизонтальная балочная стрела с передвижной по ее нижнему поясу грузовой кареткой. Применение балочных стрел позволяет обеспечить более плавное перемещение и наведение грузов, что целесообразно при выполнении монтажных работ. Однако краны с балочными стрелами имеют массу на 10-15% больше, чем краны с подъемными стрелами.

В самоходных кранах с БСО моделей СКГ, ДЭК и др. башня (основная стрела) практически разгружена от изгиба, а маневровая стрела (управляемый гусек) выполняется обычно

качающейся и удерживается гибкой канатной тягой со стойкой и наклонной распоркой.

При выполнении строительно-монтажных работ часто возникает необходимость выбора башенного передвижного или стрелового самоходного с БСО крана с аналогичными техническими возможностями [26]. В данном случае целесообразно сопоставить грузовысотные характеристики тех и других машин.

Сопоставление технических характеристик кранов башенных передвижных и самоходных с БСО моделей соответственно КБ 100. ОАС и ДЭК 251 (19,24+20); КБ 308 и СКГ 401(32+25,5), КБМ 401П и ДЭК 631(36+24), КБ 503Б и СКГ 63/100(36+29), МСК 250 и СКГ 631 (37,7+24) с примерно равными (для каждой пары моделей сопоставляемых кранов) грузоподъемностью, высотой подъема и вылетом позволяет установить грузовысотные зоны (границы применимости) этих машин (рис.5.1).

Из рис.5.1 следует, что сравниваемые модели башенных передвижных и самоходных с БСО кранов сопоставимы по грузовысотным параметрам.

Сравнение основных технических характеристик сопоставимых моделей кранов башенных на рельсовом ходу и самоходных с БСО на гусеничном ходу приведено в табл.5.1 [27].

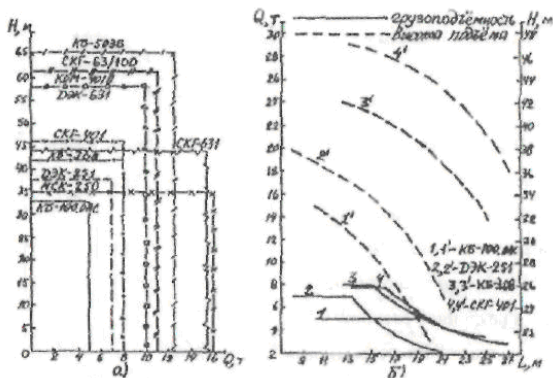


Рисунок 5.1. Графики сопоставимых габаритных и грузовысотных характеристик кранов башенных и самоходных с БСО:

а- зависимость грузоподъемности Q от высоты подъема H на наименьшем вылете; б-зависимость грузоподъемности Q и высоты H от вылета L

Согласно табл.5.1, конструктивные массы стреловых самоходных с БСО кранов больше аналогичных показателей сопоставимых с ними башенных передвижных кранов. У них больше также установленная мощность двигателей. Это расхождение можно объяснить применением в конструкции самоходных кранов с БСО более тяжелой, чем у башенных кранов, ходовой части и применением в них дизеля и генератора. Очевидно, данные факторы оказали влияние и на повышение стоимости самоходных с БСО кранов по сравнению с башенными кранами.

Высота подъема большинства моделей самоходных гусеничных и пневмоколесных кранов в башенно-стреловом исполнении больше высоты подъема сопоставимых с ними башенных рельсовых кранов.

Из сопоставления технических параметров монтажных кранов следует вывод о том, что самоходные краны в башенно-стреловом исполнении и башенные передвижные краны при определенных размерных параметрах рабочего оборудования могут иметь сопоставимые грузовысотные характеристики.

При выборе сопоставимых моделей монтажных кранов с целью их технической взаимозамены следует учитывать вывод о том, что при проведении строительно-монтажных работ самоходным краном с БСО допустима его работа с грузами, масса которых не превышает номинальную грузоподъемность сопоставимого с ним по техническим параметрам башенного передвижного крана на минимальном вылете.

Таблица 5.1

Сопоставление масс кранов башенных и самоходных с БСО

Модель крана	Грузоподъемность Q, т	Вылет L, м	Высота подъема H, м	Масса		Относительная масса	
				Общая G, т	Конструктивная G_k , т	Общая $\frac{G}{M_{сп}}$,	Конструктивная $\frac{G_k}{M_{сп}}$, $\frac{m}{mm}$
КБ-100.ОАС	5	10	33	42,1	32	0,84	0,64
ДЭК-251 (19,24+20)*	7	9	37	61,2	40,5	0,97	0,65
КБ-308	8	13	41	70,3	38,3	0,68	0,37
СКГ-401 (32+25,5)	8	11,5	47	78	46,2	0,85	0,51
КБМ-401П	10	12	47,2	92,2	65,8	0,77	0,55
ДЭК-631 (36+24)	13,5	10,5	56,6	105,5	77,9	0,75	0,55
КБ-503Б	12,5	12	59,5	97,7	86,5	0,65	0,58
СКГ-63/100 (36+29)	15	11,5	61,4	103,2	92,8	0,6	0,54
МСК-250	16	12,5	64,2	149	114,8	0,75	0,58
СКГ-631 (37,7+24)	15,5	13,5	83,5	169,6	125,7	0,81	0,6

* В скобках для самоходных кранов приведены длины башни и гуська в метрах

5.2 Критерии деформативности и показатели динамических характеристик кранов

Сопоставляя схемы 1 и 2 (рис.5.2), можно установить основное отличие между конструктивными схемами устройства кранов стреловых самоходных с БСО и башенных с поворотной башней. У самоходного крана с БСО башня устанавливается на поворотной платформе шарнирно и удерживается гибкой оттяжкой – полиспастом; при нагружении крана она воспринимает осевые нагрузки и разгружена от изгиба. У башенного крана башня закреплена у основания подкосом, воспринимает осевые нагрузки и работает на изгиб. Кроме того, у самоходного крана с БСО (схема 1) применен качающийся гусек, а у башенного крана (схема 2) – подъемная сжатая стрела. Это основное отличие в схемах подвесок рабочего оборудования башенного и самоходного с БСО кранов существенно влияет на деформативность их конструкции и основные динамические показатели [28].

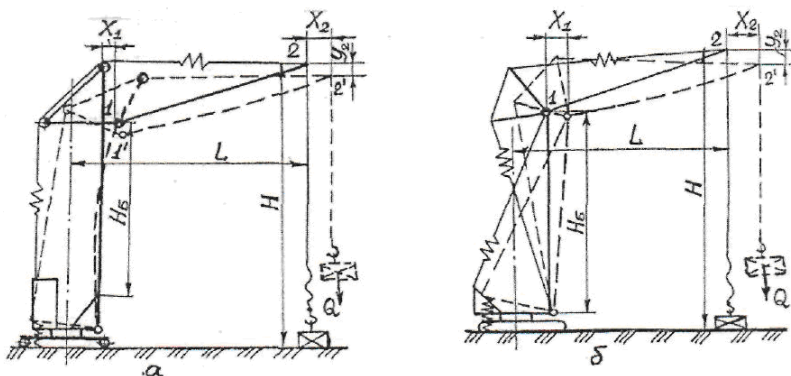


Рисунок 5.2 - Перемещения основных узлов рабочего оборудования кранов: а-башенного; б-самоходного с БСО

Рассмотрим возможные перемещения двух основных узлов конструкции при нагружении исследуемых кранов: верха башни (у опорного шарнира стрелы или гуська) и конца стрелы (гуська) (см. рис.5.2). Можно принять, что при нагружении крана верх башни перемещается по горизонтали, а вертикальным его перемещением ввиду малости можно пренебречь. Данное перемещение X_1 возникает вследствие деформации башни и элементов, ее удерживающих, зазоров в опорно-поворотном круге, неточности укладки пути, упругих и неупругих просадок пути (у самоходных кранов-просадок грунтового основания). Перемещение конца стрелы или гуська зависит кроме факторов, влияющих на перемещение верха башни, еще и от деформативности стрелы или гуська и системы канатов, их удерживающей. Для анализа деформативности конструкции кранов удобно данное перемещение разложить на две составляющие: горизонтальную (проекцию его на горизонталь) X_2 и вертикальную (проекцию его на вертикаль) Y_2 . Горизонтальную составляющую X_2 можно выразить через X_1 , Y_2 и угол наклона стрелы (гуська) β :

$$X_2 \approx X_1 + Y_2 \operatorname{tg} \beta$$

При увеличении высоты крана и действующего на него грузового момента деформативность его конструкции возрастет. Поэтому для возможности сопоставления деформативности кранов при статическом нагружении следует установить такие критерии, которые учитывали бы изменение данных параметров наряду с факторами, отмеченными нами выше:

1) Относительное перемещение башни

$$\delta_1 = \frac{X_1}{H_0}, \quad (5.2)$$

где X_1 - перемещение верха башни по горизонтали;

H_0 - свободная высота башни.

Для башенного крана критерий δ_1 является прогибом башни.

2) Относительное перемещение конца стрелы или гуська

$$\delta_2 = \frac{X_2}{L}, \quad (5.3)$$

где X_2 - перемещение конца стрелы или гуська по горизонтали; L - вылет.

В качестве критериев деформативности конструкции кранов при динамическом нагружении следует установить следующие:

1) Коэффициент деформативности верха башни (основной стрелы) крана

$$K_{x1}^{\delta} = 1 + \frac{\Delta_{x1}^{\delta}}{\Delta_{x1}^{cm}}, \quad (5.4)$$

где Δ_{x1}^{δ} - наибольшее перемещение верха башни (основной стрелы) по горизонтали при динамическом действии нагрузки;

Δ_{x1}^{cm} - то же, при статическом приложении массы груза на крюке.

2) Коэффициент деформативности конца стрелы или гуська

$$K_{y2}^{\delta} = 1 + \frac{\Delta_{y2}^{\delta}}{\Delta_{y2}^{cm}}, \quad (5.5)$$

где $\Delta_{y_2}^{\partial}$ - наибольшее перемещение конца стрелы или гуська по вертикали при динамическом действии нагрузки;

$\Delta_{y_2}^{cm}$ - то же, при статическом приложении массы груза на крюке.

Основными показателями динамических характеристик конструкции кранов является:

1) Динамическая нагрузка на оголовок башни

$$P_{x_1}^{\partial} = m_1 \ddot{x}_1, \quad (5.6)$$

где m_1 - приведенная к оголовку башни масса элементов конструкции крана;

$\ddot{x}_1$ - горизонтальное ускорение верха башни.

2) Динамическая нагрузка на оголовок стрелы или гуська

$$P_{y_2}^{\partial} = m_2 \ddot{y}_2, \quad (5.7)$$

где m_2 - приведенная к оголовку стрелы или гуська масса элементов конструкции крана;

$\ddot{y}_2$ - вертикальное ускорение конца стрелы или гуська.

За показатель деформативности конструкции и действия на кран горизонтальных колебаний груза следует принять приращение грузового момента

$$\Delta M_{gp} = \frac{\Delta M_{gp}^{cm} + \Delta M_{gp}^{\partial}}{M_{gp}^n}, \% \quad (5.8)$$

где ΔM_{gp}^{cm} - приращение грузового момента вследствие деформативности конструкции крана при его нагружении;

ΔM_{gp}^{∂} - дополнительное его приращение вследствие колебаний груза;

M_{gp}^n - грузовой момент, создаваемый номинальным грузом на расчетном вылете.

5.3 Влияние систем подвесок рабочего оборудования на деформации металлоконструкций кранов

Сравнивая конструкции рабочего оборудования монтажных кранов, применяемых в Казахстане и других странах, можно установить их основное отличие заключается в конструктивном устройстве систем опирания на поворотную платформу и подвешивания к ней стрело-башенного оборудования. [29].

На рис.5.3 показаны шесть широко применяемых на монтажных кранах конструктивных схем подвесок сравниваемых машин. По схеме 1 выполнена подвеска БСО самоходных кранов (моделей СКГ и МКГС). Наклонный канатный полиспаст удерживает башню со стрелой и грузом от опрокидывания. Башня воспринимает сжимающие усилия.

По схеме 2 выполнена подвеска рабочего оборудования башенных кранов с поворотной башней (модель КБ). Башня шарнирно опирается на поворотную платформу и закреплена у основания жестким подкосом; стреловой расчал, параллельный башне, закреплён на двуногой стойке опорно-поворотной платформы.

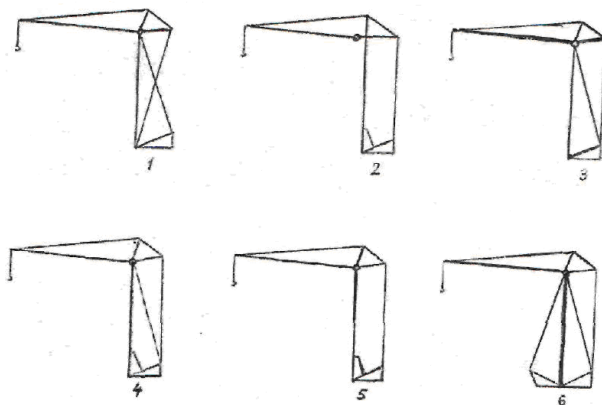


Рисунок 5.3 - Конструктивные схемы подвесок рабочего оборудования строительных кранов башенных и самоходных с БСО

Для схемы 3 характерно наличие наклонного полиспаста, удерживающего башню (основную стрелу) и расчала, распо-

женного параллельно башне и удерживающего маневровую стрелу (гусек) при помощи треугольной стойки и наклонных тяг. Схема применяется на модифицированной модели самоходного крана СКГ.

На схеме 4 башня у основания закреплена жестким подкосом, а ее оголовок наклонным полиспастом присоединен к поворотной платформе. Параллельный башне (основной стреле) расчал гуська закреплен на двуголой стойке опорно-поворотной платформы. Схема применена на самоходных кранах модели НС-108В фирмы Линк-Белт, США.

На схеме 5 жесткий подкос, закрепленный на поворотной платформе, удерживает башню от опрокидывания; стрела прикреплена тягой к треугольной стойке, опирающейся шарнирно на оголовок башни, и удерживается параллельным башне расчалом, закрепленным на поворотной платформе. Схема применена на самоходных кранах с БСО фирмы Манитовок (модель 3900 Т, США) и на башенных кранах модели МСК.

На схеме 6 оголовок башни (основной стрелы) присоединен к передней части поворотной платформы крана предварительно напряженным расчалом, стрела (гусек) с помощью тяги и треугольной стойки удерживается расчалом, параллельным башне. Наклонный полиспаст и расчал, закрепленные в верхней части на оголовке башни (основной стрелы), создают в ней предварительное напряжение, способствующее уменьшению перемещения оголовка башни в сторону груза при нагружении крана. Схема предложена М.П.Ходовым (а.с. № 221242) и разработана проектным институтом «Промстальконструкция». Она применяется в самоходных кранах модели СКГ-631.

На деформативность башенного крана с поворотной башней и подъемной стрелой (см.рис.5.3, схема 2) существенное влияние оказывают горизонтальные динамические нагрузки, т.к. у этих машин башня обладает относительно малой жесткостью. Динамические нагрузки вызывают в элементах конструкции крана напряжения, часто во много раз превосходящие напряжения от массы груза на крюке. Для их снижения, а также для разгрузки башни от изгиба, создаваемого грузом и стрелой, применяют статическое и динамическое уравнивание башни. При статическом уравнивании стреловой полиспаст

частью своих ветвей каната запасовывается на дополнительные блоки, размещенные на распорке, что создает дополнительную загрузку башни крана (рис.5.4, б,в и г).

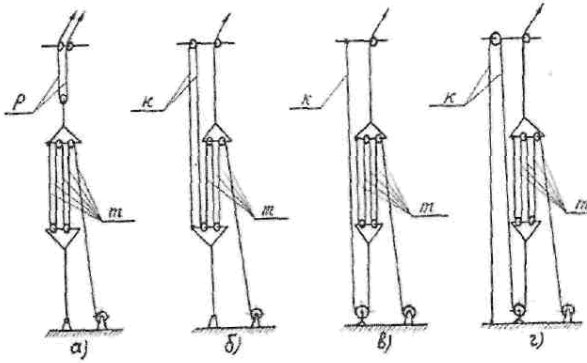


Рисунок 5.4 - Возможные схемы запасовок стрелового расчала башенного крана: а-с кратной обращенной запасовкой; б- с холостым полиспастом; в- с обратной тягой; г- с удвоенной обратной тягой

Для всех шести схем подвесок рабочего оборудования, приведенных на рис.5.3, и схем запасовок стрелового расчала башенного крана, приведенных на рис.5.4, нами рассчитаны следующие параметры: увеличение вылета X_2 , грузовой момент $M_{гр}$, которые возникают от деформаций основных узлов конструкции кранов при статическом нагружении (табл.5.2).

Таблица 5.2
Расчетные параметры деформативности конструкций
исследуемых схем подвесок

Схемы подвески крана	Груз $Q=16т$, вылет $L_{min}=12,5м$			Груз $Q=6т$, вылет $L_{max}=26м$		
	X_2 , м	$M_{гр}$, тм	$\Delta M_{гр}$, тм	X_2 , м	$M_{гр}$, тм	$\Delta M_{гр}$, тм
1	1,36	221,76	21,76	0,567	159,4	3,4
2,а	0,665	210,64	10,64	0,178	157,07	1,07
2,б	0,428	206,85	6,85	0,125	156,75	0,48

2,в	0,31	204,96	4,96	0,097	156,56	0,362
2,г	0,152	202,43	2,43	0,0216	156,13	0,13
3	1,3	220,8	20,8	0,434	158,6	2,6
4	0,82	213,17	13,17	0,127	156,76	0,49
5	0,79	212,58	12,58	0,119	156,71	0,455
6	0,69	211,15	11,15	0,029	156,17	0,17

В табл. 5.2 номинальная нагрузка на крюке учитывалась применительно к самоходному монтажному крану средней высоты подъема груза (до 50 м) модели СКГ-63 с БСО на максимальном и минимальном вылетах.

Из табл.5.2 следует, что у всех схем подвесок приращение грузового момента $\Delta M_{гр}$ на минимальном вылете значительно больше, чем на максимальном. В схемах подвесок 1 и 3 параметры X_2 и $\Delta M_{гр}$ по сравнению с данными параметрами в остальных схемах подвесок также имеют большие значения. Расчеты показывают, что на увеличение указанных параметров в схемах подвесок 1 и 3, применяемых в самоходных кранах с БСО, основное влияние оказывает податливость стрелоподъемного полиспаста. Наименьшие же значения этих параметров получены в схемах 2, г и 6 на минимальном вылете. В схемах подвесок 2, 4 и 5 на увеличение $\Delta M_{гр}$ основное влияние оказывает перемещение оголовка башни от действия горизонтальной силы, возникающей от изгиба башни, жестко закрепленной у основания подкосом.

5.4 Сравнение динамических нагрузок и параметров колебаний сопоставимых моделей кранов

Для исследования динамического действия нагрузки на сопоставимые башенные и самоходные краны с учетом особенностей конструкций их рабочего оборудования нами составлены дифференциальные уравнения, учитывающие колебания крана с грузом на крюке, и проведено их моделирование с помощью ПЭВМ [31, 32].

Результаты моделирования для 6-ти исследуемых схем подвесок рабочего оборудования сопоставимых кранов

применительно к параметрам модели самоходного крана СКГ-63 с БСО (30,5+24) приведены в табл.5.3. При этом принята номинальная нагрузка на крюке $Q=16$ т на минимальном вылете $L_{\min}=12,5$ м и длине подвеса груза $\ell=52,11$ м. В табл.5.3 приведены значения параметров, полученных при моделировании: критериев деформативности δ_1 и δ_2 , определяемых по формулам (5.2) и (5.3) угла θ отклонения груза от вертикали при его колебаниях с амплитудой α , приращения грузового момента $\Delta M_{\text{сп}}^{\kappa}$, полученного в результате колебаний груза, а также величины динамического приращения грузового момента $\Delta M_{\text{сп}}^{\theta}$, вычисленного по формуле (5.8).

Таблица 5.3

Результаты моделирования исследуемых схем подвесок
рабочего оборудования кранов с учетом колебаний груза

Схемы крана по рис.5.3 и 5.4	Критерии деформативности		Параметры колебаний груза		Приращение грузового момента	
	$10^{-2} \cdot \delta_1$	$10^{-2} \delta_2$	угол θ , град.	амплитуда a , м	$\Delta M_{\text{сп}}^{\kappa}$, %	$\Delta M_{\text{сп}}^{\theta}$, %
1	1,37	10,9	$0^{\circ} 35,7$	0,543	4,3	15,2
2,а	0,41	5,32	$0^{\circ} 13$	0,195	1,56	6,88
2,б	0,216	3,43	$0^{\circ} 9$	0,137	1,09	4,52
2,в	0,154	2,48	$0^{\circ} 6,2$	0,092	0,73	3,21
2,г	0,066	1,22	$0^{\circ} 3$	0,043	0,34	1,56
3	1,24	10,4	$0^{\circ} 30$	0,46	3,66	14,6
4	0,27	6,6	$0^{\circ} 20$	0,302	2,4	9,0
5	0,2	6,28	$0^{\circ} 18,6$	0,283	2,26	8,54
6	0,06	5,58	$0^{\circ} 11,2$	0,17	1,36	6,9

Согласно табл.5.3, наименьшие значения параметров колебаний крана и груза получены в схемах подвесок 2, г и 6. Наибольшие значения амплитуды колебаний груза получены в

схеме подвески 1 (4,3% вылета), а приращение грузового момента достигло (также в данной схеме 1) максимального значения (15,2%).

В табл. 5.4 приведены полученные в результате моделирования на ПЭВМ динамические коэффициенты деформативности конструкций исследуемых кранов для 6-ти схем подвесок рабочего оборудования (см.рис.5.3) и схем запасовок стрелового расчала (см. рис.5.4). В качестве расчетной модели принят самоходный кран СКГ-63А с БСО (30,5+24).

Согласно табл. 5.4, средние значения коэффициентов деформативности составили: $K_{x_1}^o = 2$; $K_{y_2}^o = 1,3$; $K_{x_2}^o = 1,4$. Сравнительно небольшие значения данных критериев получены у схем 2,г и 6 (см.рис.5.3 и 5.4).

Из анализа табл.5.2, 5.3 и 5.4 следует, что наибольшей деформативностью при статическом и динамическом нагружении исследуемых кранов обладает конструктивная схема 1 подвески рабочего оборудования самоходного крана (см.рис. 5.3). Следует отметить, что в расчетах при моделировании на ПЭВМ параметров крана в схеме 1 учтены деформации конструкции крана, возникающие с учетом выбора провесов канатного полиспаста, удерживающего башню. Из этих таблиц следует также, что схема запасовки стрелового расчала 2,г создает наиболее жесткую конструкцию башенного крана.

Таблица 5.4

Динамические коэффициенты деформативности для конструктивных схем подвесок рабочего оборудования башенных и самоходных с БСО кранов (груз $Q=16$ т, вылет

$$L_{\min} = 12,5\text{м}, W_b = 0,2g \frac{m}{c^2})$$

Схемы крана по рис.5.3 и 5.4.	Перемещения от динамической нагрузки, м			Коэффициенты деформативности		
	X_1^o	Y_2^o	X_2^o	$K_{x_1}^o$	$K_{y_2}^o$	$K_{x_2}^o = 1 + \frac{X_2^o}{X_2^{cm}}$
1	0,35	0,128	0,606	1,833	1,273	1,445
2,а	0,103	0,092	0,287	1,825	1,34	1,432

2,б	0,05	0,067	0,184	1,76	1,37	1,429
2,в	0,034	0,045	0,124	1,73	1,34	1,4
2,г	0,012	0,018	0,048	1,6	1,27	1,316
3	0,31	0,16	0,63	1,815	1,35	1,484
4	0,096	0,113	0,322	2,18	1,304	1,391
5	0,072	0,107	0,286	2,2	1,295	1,364
6	0,013	0,095	0,203	1,765	1,28	1,291

В табл.5.5 приведены полученные при моделировании на ПЭВМ для 6-ти исследуемых схем подвесок рабочего оборудования динамические параметры: ускорения основных элементов крана и возникающие в них динамические усилия. При этом приняты параметры самоходного крана СКГ-63А с БСО (30,5+24) с грузом на крюке $Q=16\text{т}$, вылете $L_{\min} = 12,5\text{м}$ при возмущении $W_{\epsilon} = 0,2g \frac{M}{C^2}$.

Согласно табл.5.5, наименьшие значения ускорений элементов крана и динамических усилий получены в схеме запасовки 2,г стрелового расчала башенного крана. Сравнительно небольшие значения данных параметров получены в схеме подвески 6. Максимальные значения динамических усилий возникают в схеме подвески 3.

По нормам Госгортехнадзора перегруз крана свыше 15% может привести к его опрокидыванию. При выполнении строительно-монтажных работ устойчивость стрелового крана обеспечат 2/3 от указанной величины перегрузки, т.е. 10%.

Согласно экспериментальным данным, в стреловых кранах средней высоты подъема (до 50м) максимально допустимый наклон крана может вызвать его перегруз на 3%, а величина приращения грузового момента за счет горизонтальных колебаний груза не должна превышать 2%.

Тогда расчетная предельная величина перегруза крана, вызванного деформативностью его конструкции и раскачиванием груза, составит 5%.

Таблица 5.5

Показатели динамического действия нагрузки на исследуемые краны для 6-ти схем подвесок их рабочего оборудования

Схемы подвесок рис.5.3 и 5.4.	Ускорения элементов крана, м/с ²			Динамические усилия в основных элементах крана, т		
	$\ddot{X}_1$	$\ddot{Y}_2$	$\ddot{X}_2$	$P_{x_1}^o$	$P_{y_2}^o$	$P_{x_2}^o$
1	2,94	1,527	5,994	2,13	0,183	0,718
2,а	1,54	1,279	4,098	1,113	0,154	0,492
2,б	1,0	1,38	3,76	0,727	0,166	0,451
2,в	0,934	1,25	3,434	0,676	0,15	0,412
2,г	0,82	0,97	2,76	0,594	0,116	0,331
3	2,99	1,65	6,29	2,165	0,198	0,755
4	2,36	1,74	5,84	1,71	0,209	0,7
5	2,26	1,71	5,68	1,635	0,205	0,682
6	1,31	1,22	3,75	0,95	0,146	0,45

С учетом этих данных и результатов приведенных выше исследований можно установить предельно-допустимые значения критериев деформативности, вычисляемые по формулам (5.2) и (5.3) для исследуемых башенных и самоходных кранов:

$$\delta_1 = \frac{X_1}{H_B} \leq 0,003; \quad \delta_2 = \frac{X_2}{L} \leq 0,05. \quad (5.9)$$

Следовательно, при производстве перегрузочных и общестроительных работ перемещение точки подвеса грузового полиспаста не должно превышать 5% вылета, а амплитуда горизонтальных (маятниковых) колебаний груза на крюке не должна превышать 2% вылета. При производстве монтажных работ по установке оборудования предельные значения указанных в (5.9) параметров вдвое меньше.

Из 6-ти схем подвесок рабочего оборудования, применяемых на исследуемых монтажных кранах (см. рис.5.3) и схем запасовок стрелового расчала (см. рис.5.4), схемы 2,г и 6, удовлетворяющие установленным нами предельно-допустимым критериям деформативности этого оборудования (5.9), рекомендуются к широкому использованию на строительно-монтажных работах.

6. ОБЛАСТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МОНТАЖНЫХ КРАНОВ И КРАНОВ – МАНИПУЛЯТОРОВ

6.1 Применение стреловых и башенных кранов на монтажных работах

Продолжительность перебазировок кранов существенно меняется в зависимости от их конструктивных схем. Для стреловых кранов она бывает в несколько раз меньшей, чем для башенных. При одинаковом времени нахождения на объекте производительность стреловых кранов за счет меньшей продолжительности их перебазирования оказывается выше производительности башенных кранов.

Поэтому для обеспечения сравнимости выбираемых монтажных кранов (башенных, гусеничных, пневмоколесных и др.) определение их эффективности ведется в расчете на определенный объем монтажных работ, выполняемый с помощью сравниваемых кранов за одинаковое время нахождения на объекте. На этом этапе основной расчетов областей эффективного применения монтажных кранов принята величина приведенных затрат на единицу монтажных работ в зависимости от годового режима использования кранов:

$$ПЗ = C + E_n \cdot K, \quad (6.1)$$

где C – себестоимость 1т механизированных монтажных работ; $E_n = 0,12$ – нормативный коэффициент эффективности дополнительных капвложений, принятых за основу расчета; K – удельные капвложения.

Следовательно, на эффективность применения монтажных кранов влияет ряд производственных факторов: число перебазировок, объем работы на объекте, длина основания или подкрановых путей, сменная производительность и коэффициент, учитывающий организацию работы. Для исследования этого влияния следует использовать метод, позволяющий при решении многофакторных задач, варьируя одним из производственных факторов, судить о степени его действия на приведенные затраты.

Монтажные стреловые краны способны перебазироваться с одной площадки на другую своим ходом (без разборки или с частичной разборкой стрелового оборудования), благодаря чему существенно уменьшаются единовременные затраты, связанные с применением этих машин. Поэтому при расчетах стоимости единицы продукции в составе единовременных затрат учитывается стоимость различных способов перебазирования стреловых кранов.

С помощью предлагаемой методики определены области эффективного применения тяжелых стреловых и башенных кранов, используемых в настоящее время на монтаже строительных конструкций промышленных зданий и сооружений, имея в виду, что по условиям производства работ и техническим характеристикам кранов на монтаже данной группы объектов может быть использована любая из сравниваемых машин.

Как следует из графика, приведенного на рис. 1.2 (см. главу 1), с ростом числа перебазировок для выполнения определенного объема работ потребуется большее, по сравнению с тяжелыми гусеничными кранами, число башенных кранов. Поэтому сопоставление стреловых и башенных кранов проводится с учетом числа башенных кранов, требуемых вместо одного стрелового крана (рис.6.1).

Приведенные на графике (рис.6.2) области эффективного применения тяжелых кранов рассчитаны по формуле (6.1) определения приведенных затрат. Из графика видно, что при работе с БСО (при совпадении грузовысотных характеристик кранов СКГ-100 и БК-300, СКГ-160 и БК-1000) эффективное применение стреловых кранов может быть достигнуто при числе перебазировок более одной в году. При использовании крана СКГ-100 (вместо БК-1000), оснащенного стрелой длиной 30м при монтаже элементов массой до 50т, время его эффективного нахождения на одном объекте может быть существенно увеличено.

Установлено, что при увеличении длины путей и объема выполняемых работ, зависящего от крупности монтируемых элементов, затраты на применение стрелового крана уменьшаются быстрее, чем башенного.

Исследования области применения тяжелых кранов на монтажных работах позволяют сделать следующие выводы. Эффективность тяжелых стреловых кранов возрастает:

с увеличением крупности монтируемых элементов, что необходимо учитывать при проектировании конструкций объектов и составлении ППР;

при разделении объектов на отдельные захваты в зависимости от масс групп элементов. При этом может быть достигнуто наибольшее соответствие характеристик монтируемых элементов и применяемых кранов;

при совершенствовании методов их перебазировки и переоборудования, что позволяет увеличить фонд рабочего времени.

6.2 Выявление перспективных конструкций грузозахватных устройств кранов-манипуляторов

С целью выявления перспективных типов исполнения конструкций грузозахватных устройств кранов-манипуляторов авторами был проведен сбор патентов промышленно развитых стран в области грузозахватных приспособлений. Из анализа собранной информации были выявлены основные классификационные признаки грузозахватных устройств и составлена их морфологическая классификация (табл. 6.1).

Проведенный анализ выявил, что в настоящее время перспективными являются грузозахватные устройства:

- работающие от гидравлического привода;
- позволяющие выполнять поворот вокруг вертикальной оси (оснащенные ротатором);
- имеющие закрытый корпус (базу), защищающий от внешних механических воздействий гидроцилиндры и гидролинии.

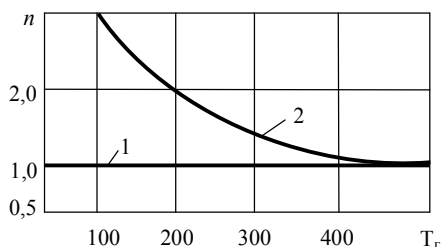


Рисунок 6.1. Зависимость число кранов n на объекте от числа машино-смен работы в году T_r : 1-гусеничных; 2-башенных

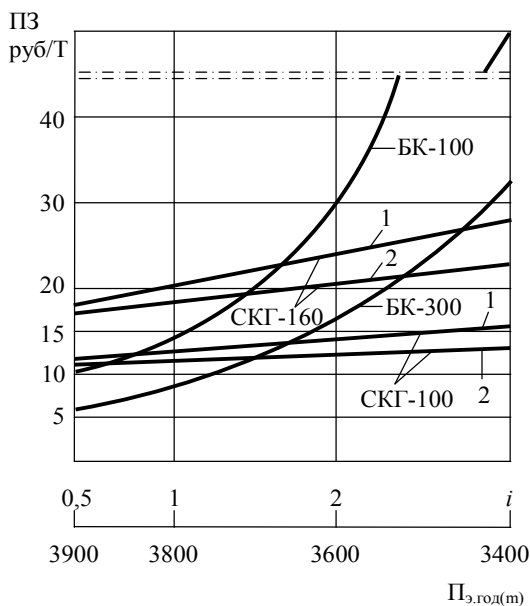


Рисунок 6.2. Зависимость приведенных затрат Π_3 на монтаже 1т стальных конструкций от годовой выработки $\Pi_{э, год}$ и числа перебазировок i в году: 1-перебазирование кранов СКГ-100 и СКГ-160 на объекты по узлам; 2-то же, своим ходом с последующим монтажом рабочего оборудования

Таблица 6.1

Морфологическая классификация грузозахватных устройств

№ П/П	Основные признаки классификации	Варианты конструктивного исполнения, m _i					
		m ₁ для силучих грузов	m ₂ для штучный грузов	m ₃ для кусковых грузов	m ₄ для длинномерных грузов	m ₅ для пакетированных грузов	m ₆ универсальные
P ₁	По типу транспортируемого груза						
P ₂	По типу привода смыкания челюстей	одноканатные	двухканатные	четырёхканатные	трейферы, имеющие более четырех канатов	моторные	
P ₃	По типу привода	Одноробарабанный	двухробарабанный подъёмный механизм	приводные			
				электромеханический	гидравлический	Пневматический	
P ₄	По типу перемещения	вертикально-горизонтальное	поворотное вокруг вертикальной оси	поворотное вокруг вертикальной оси			
		неповоротное вокруг вертикальной оси					
P ₅	По числу челюстей	2	3	4	многочелюстные		
P ₆	По типу челюстей	Дуговые	плоскодуговые	подгребающие	лопастные (лапчатые)	вилчатые	
P ₇	По типу крепления	одношарнирное	двухшарнирное	многошарнирное			

В то же время обзор показал, что в нынешнее время практически не патентуются и не представлены на сегодняшнем рынке универсальные грузозахватные устройства.

Учитывая современные тенденции развития грузозахватных устройств, авторы предложили свою новую конструкцию, показанную на рис.6.3. На нем изображено универсальное грузозахватное устройство с быстросъемными зажимными площадками, для работы с цилиндрическими грузами.

На рисунке 6.4 показан вертикальный разрез устройства с быстросъемными зажимными площадками 1 предназначенными для захвата плит и плоских грузов, устройством 2 для крепления быстросъемных зажимных площадок, пальцами 3, подвижными руками 4, базой 5, пальцами 6, ротатором 7, устройством 8 для крепления к подъемной машине (не показана), пальцем 9, гидравлическими цилиндрами 10, пальцами 11, пальцами 12.

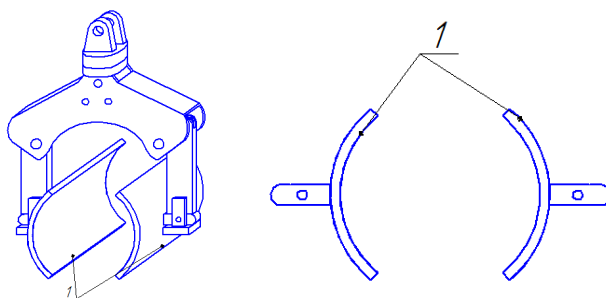


Рисунок 6.3. Универсальное грузозахватное устройство:

1 - быстросъемные зажимные площадки, имеющие форму полукруга

В связи с тем, что различные плоские грузы обладают разными габаритами, зажимные площадки 1 представлены подвижными, подстраиваясь тем самым под конфигурацию груза.

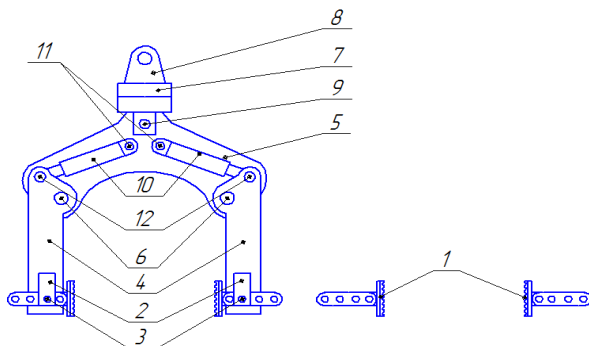


Рисунок 6.4. Универсальное грузозахватное устройство в вертикальной плоскости

Грузозахватное устройство, показанное на рис.6.4, работает следующим образом: Устройство в собранном виде, крепится к подъемной машине (не показана) с помощью устройства 8. При этом гидравлические линии (не показаны) подводятся к насосу (не показан). Насос создает давление в полостях гидравлических цилиндров 10, от которого и возникает усилие действующее на подвижные руки 4. Усилие передается на быстросъемные зажимные площадки 1, которые сжимают груз (не показан) с суммарной силой достаточной для его подъема, изменения положения в поднятом состоянии и транспортирования на необходимые расстояния.

Одним из самых распространенных транспортируемых видов грузов является сыпучий. В этой связи были предложены быстросъемные зажимные площадки имеющие форму ковшей (рисунок 6.5).

Для транспортирования грузов прямоугольного сечения разработаны соответствующие зажимные площадки (рисунок 6.6). Площадки подвижны в горизонтальной плоскости, что позволяет им подстроиться под различные конфигурации грузов.

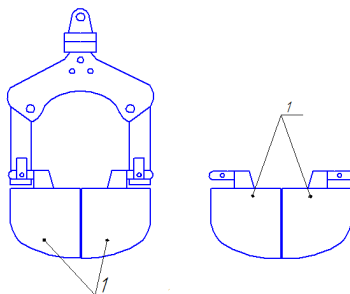


Рисунок 6.5. Универсальное грузозахватное устройство с быстросъемными зажимными площадками имеющими форму ковшей:
1 – быстросъемные зажимные площадки, имеющие форму ковшей

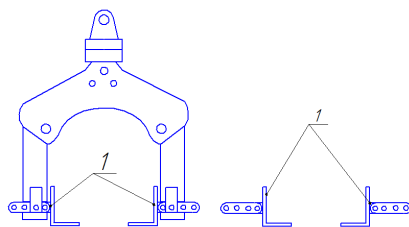


Рисунок 6.6. Универсальное грузозахватное устройство с быстросъемными зажимными предназначенными для грузов прямоугольного сечения: 1 – быстросъемные зажимные площадки для грузов прямоугольного сечения

Преимущества предложенной авторами конструкции универсального грузозахватного устройства:

а) устройство оснащено ротатором, что позволяет выполнять поворот вокруг вертикальной оси;

б) гидравлические цилиндры расположены внутри базы, что защищает их от внешних механических воздействий, повышая тем самым надежность конструкции;

в) благодаря двум гидроцилиндрам, подвижные руки симметрично сжимают груз;

г) быстросъемные зажимные площадки повышают универсальность устройства и расширяют диапазон работы манипулятора, тем самым повышая его эффективность;

д) устройство способно транспортировать штучные, цилиндрические, сыпучие, кусковые грузы.

Для работы с грузами, имеющими центральное отверстие (например, бумажный рулон), были разработаны две конструкции грузозахватных устройств.

Захват с тороидальной камерой для грузов с центральным отверстием изображен на рисунке 6.7. На концы стержня 1 навинчены стаканы 2, упорная шайба 8. При посадке на резьбу стаканов 2 в их кольцевые пазы одновременно вставляются концевые части тороидальной камеры 3, охватывающей осевой стержень 1. На рисунке 1 показана картонная трубка 4 (бобина), на который в рулон наматывается бумага 5 (показана только часть рулона). Обозначено отверстие 6 в стержне для крюка подъемника и патрубков 7, соединяющий камеру 3 с гидронасосом или компрессором [33].

Захват для бумажных рулонов, показанный в разрезе на рисунке 1 на практике используется следующим образом. Захват в собранном виде свободно с очень малым зазором вставляется в отверстие картонной трубки 4 бумажного рулона 5. При этом металлический патрубок 7 окажется выведенным своим концом наружу через отверстие расположенное на дне верхнего стакана 2. После этого патрубок 7 трубопроводом соединяют с насосом (не показан) и создают давление P внутри тороидальной камеры 3.

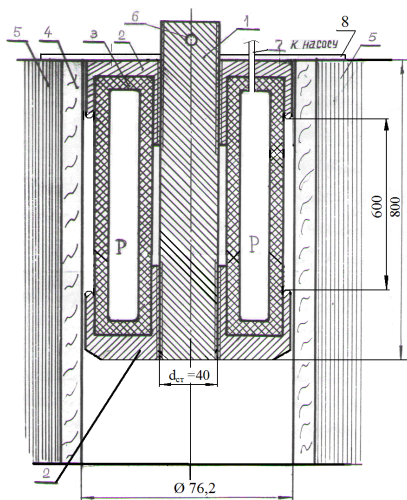


Рисунок 6.7. Захват с тороидальной камерой для грузов с центральным отверстием:

- 1 – стержень; 2 – стакан;
- 3 – тороидальная камера;
- 4 – картонная втулка (бобина);
- 5 – бумажный рулон;
- 6 – отверстие для крюка;
- 7 – патрубок; 8 – упорная шайба

На рисунке 6.8 изображен захват шланговый для грузов с центральным отверстием.

Разработанный шланговый внутренний захват состоит из следующих элементов:

На концы стержня 1 навинчены гайки 2 и 3. Нижняя гайка 2 круглая, с диаметром чуть меньше внутреннего диаметра картонной втулки 4, завернута на резьбу стержня 1, а на верхнюю часть стержня 1 завинчивается пластина 5, затем просовывается шайба 6 и сверху затягивается гайкой 3. Между гайкой 2 и пластиной 5 на стержень 1 спиралеобразно намотан виток к витку в один слой упругий эластичный шланг 7, нижний конец которого герметично заклеен и закреплен к стержню, а верхний конец соединен с началом патрубка 8, имеющим продолжение канала вдоль оси стержня 1, а затем выведенное перпендикулярно к стержню 1 для герметичного присоединения второго конца шланга 7. Устройство снабжено серьгой 9, которая приварена к пластине 5 и заменяет как-бы рым-болт при поднятии рулона 10 и изменении его положения [34].

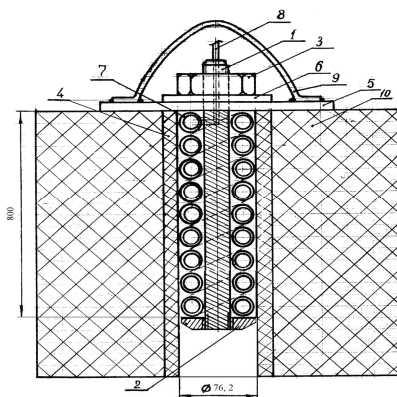


Рисунок 6.8. Захват шланговый для грузов с центральным отверстием:

1 – стержень; 2 – нижняя гайка; 3 – верхняя гайка; 4 – картонная втулка (бобина); 5 – упорная пластина; 6 – шайба; 7 – эластичный шланг; 8 – патрубок; 9 – серьга; 10 – бумажный рулон

На все представленные конструкции были поданы заявки на инновационные патенты РК

6.3 Эффективность использования монтажных кранов и кранов-манипуляторов

6.3.1 Методика расчета себестоимости монтажа конструкций

Технико – экономическое сравнение целесообразно выполнять для кранов с различной ходой частью и оборудованием. Например, выбранные по техническим параметрам передвижные стреловые краны на гусеничном ходу сопоставляют с кранами, близкими по грузоподъемности на пневмоколесном ходу или башенные рельсоколесные краны сравнивают с сопоставимыми с ними по техническим параметрам гусеничными кранами в башенно – стреловом исполнении. Сравнивают краны различных типов, обслуживающие одинаковые монтажные потоки.

Выбранные по техническим параметрам краны должны быть близки между собой по грузоподъемности. Если сравнивать краны различной грузоподъемности, то экономичнее будет кран меньшей грузоподъемности.

Сравнение различных монтажных кранов производят по величине удельных приведенных затрат на 1 т смонтированных конструкций. Для каждого из кранов определяют себестоимость монтажа единицы конструкции (тенге) по формуле:

$$C_{\text{ед}} = \frac{1,08 \cdot (C_{\text{маш-см}} \cdot T_{\text{маш-см}} + C_{\text{ед.з}}) + 1,53 \Pi}{V},$$

где 1,08 и 1,5 – коэффициенты, учитывающие накладные расходы на производство работ и заработную плату;

$C_{\text{маш-см}}$ – себестоимость машино-смен кранов (табл.6.2);

$T_{\text{маш-см}}$ – продолжительность монтажа в машино-сменах;

$C_{\text{ед.з}}$ – стоимость единовременных затрат на монтаж, демонтаж и транспортирование;

Π – сумма заработной платы монтажников;

V – объем работ, м³ или т.

Таблица 6.2

Технико – экономические параметры кранов

Марка крана	Максимальная грузоподъемность, т	Себестоимость машино-смены, тенге	Монтаж-демон-таж, тенге	Транспор-тирование, тенге
Гусеничные краны				
МКГ 16М	16	3200	3200	4000
МКГ 25	25	3854	5200	7600
СКГ 40	40	4330	89000	3700
ДЭК 50	50	5344	106700	5000
СКГ 63	63	6552	168000	6300
МКГ 100	100	11620	195000	13200
Пневмоколесные краны				
К 161	16	3731		3700
К 255	25	4339		5800
КС 6471	40	5987	5400	12100
КС 8362Д	100	8556	7440	18300

6.3.2 Пример сравнения монтажных кранов по экономическим параметрам

Для экономического сравнения выбираем два крана, подобранных по техническим параметрам, для монтажа стеновых панелей:

кран на гусеничном ходу МКГ 25;

кран на пневмоколесном ходу К 255.

Эти краны равны между собой по грузоподъемности и их сравнение по экономическим параметрам правомерно. Для этого определим себестоимость монтажа 1м^3 стеновой панели для каждого крана по табл.6.3.

Зададимся условно следующими данными:

число стеновых панелей в здании – 600 шт.;

площадь одной стеновой панели – до 10 м^2 ;

объем всех стеновых панелей в здании – 2000 м^3 .

Подсчитываем нормативные затраты времени работы машин, трудозатраты и зарплату монтажников, пользуясь ЕНиР

(Сборник Е4: монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций). Вып.1:

Здания и промышленные сооружения.

Таблица 6.3

Подсчет нормативных затрат времени работы машин, трудозатрат монтажников и стоимости трудозатрат

Процесс	Количество работ по процессам на все здание	§ЕНиР	Норма времени маш.-час по ЕНиР	Затраты времени машин		Состав звеньев по ЕНиР, чел.	Норма времени в чел. час по ЕНиР	Затраты труда		Стоимость трудозатрат (зарплата)	
				в маш. часах	в маш. сменах			в чел. часах	в чел. днях	расценка на ед.	стоимость на все здание
Для крана МКГ – 25 (гусеничного)											
Установка стеновых панелей	600	4 1 8 Т2 2	0,75	450	56,2	4	3,0	1800	225	228	136800
Для крана К – 225 (пневмоколесного)											
Установка стеновых панелей	600	4 1 8 Т2 2 4,1 техн. часть	0,825	495	61,87	4	3,3	1980	247,5	251	150600

Результаты расчетов записываем в табл. 6.4.

Определяем себестоимость монтажа 1м^3 конструкций в тенге для каждого крана, подставляя в общую формулу числовые значения:

а) для крана МКГ – 25:

$$C_{\text{ед}} = \frac{1,08 \cdot (3854 \cdot 56,2 + 5200 + 7600) + 1,5 \cdot 136800}{2000} = 226,5 \text{ тенге/м}^3;$$

б) для крана К – 255:

$$C_{\text{ед}} = \frac{1,08 \cdot (4339 \cdot 61,87 + 0 + 5800) + 1,5 \cdot 150500}{2000} = 261 \text{ тенге/м}^3.$$

Вывод: для монтажа стеновых панелей принимаем кран МКГ – 25 как более экономичный.

Таблица 6.4

Состав и объем монтажных работ, нормативные затраты времени работы машин, трудозатраты монтажников, стоимость трудозатрат

Процесс	Количество работ по процессам на все здание	§ЕНиР	Норма времени маш час по ЕНиР	Затраты времени машин		Состав звеньев по ЕНиР, чел.	Норма времени в чел. час по ЕНиР	Затраты труда		Стоимость трудозатрат (зарплата)	
				в маш часах	в маш сменах			в чел. часах	в чел. днях	расценка на ед.	стоимость на все здание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

6.3.3 Расчет эффективности использования автомобиля с манипулятором

Как известно, организаторов современного производства интересует экономия всех видов ресурсов, в частности задействованных единиц техники при погрузочно-разгрузочных и транспортных работах. На практике в странах СНГ в настоящее время в большинстве случаев используется схема «грузовик-автокран», [1], что предполагает наличие по крайней мере двух автомобилей и двух операторов. В данной работе предлагается использовать экономный вариант: один грузовой автомобиль с установленным манипулятором. Отказаться от использования автокрана не удастся ни сегодня, ни в обозримом будущем. Вопрос в том, чтобы использовать каждый вид техники по назначению, тогда мы получим и производительность и снижение затрат. Симбиоз манипулятора и грузовой автомобильной платформы позволяет не только увеличить

эффективность и интенсивность использования техники, но и сократить расходы на топливо, свести до минимума долю ручного труда при погрузке-разгрузке, сократив при этом число занятых людей и единиц техники.

В таблице 6.5 приведена сравнительная характеристика использования манипулятора и тандема грузовик-автокран.

Таблица 6.5

Сравнительная характеристика использования манипулятора и тандема грузовик-автокран

	Манипулятор	Грузовик+автокран
Количество занятого персонала	1	2
Количество задействованной техники	1 (автомобиль с манипулятором)	2 (грузовой автомобиль, автокран)
Расход топлива, л/ч	30	60
Занимаемая площадь при проведении работ (расчетный а/м Камаз), м ²	22,5 (25*9)	45 (два автомобиля)
Управление	С операторского пульта (расстояние до груза 2-3 м)	Из кабины автокрана (расстояние до груза 10-15м)

Для примера приведем расчет затрат на обслуживание техники по обоим вариантам. Изначально имеем в виду, что по предлагаемому варианту мы используем только один автомобиль. Совершенно очевидна экономия на приобретение автокрана, что не требует доказательств.

Примерная смета расходов за один восьмичасовой рабочий день представлена в таблице 6.6.

Таблица 6.6

Смета расходов за один восьмичасовой рабочий день

	Манипулятор	Грузовик+автокран
Количество задействованной техники	1 (автомобиль с манипулятором)	2 (грузовой автомобиль, автокран)
Количество занятого персонала	1	2
Зарботная плата занятых работников за 1 рабочий день, тг	3500	6000
Расход топлива, л/ч	30	60
Цена израсходованного топлива за 1 рабочий день, тг	21600	43200

По данным табл. 6.5 построен график расчета эффективности использования автомобиля с манипулятором по сравнению со схемой «грузовик+автокран» (рисунок 6.9).

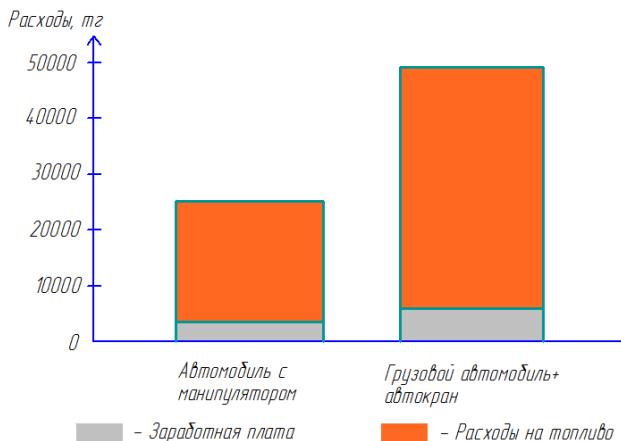


Рисунок 6.9. График расчета эффективности использования автомобиля с манипулятором по сравнению со схемой «грузовик+автокран»

6.3.4 Эффективность использования предлагаемого грузозахватного устройства

В разделе 3.3 (таблица 3.1) представлен обзор современных грузозахватных устройств. По сравнению с аналогами, предложенная авторами конструкция имеет следующие преимущества:

а) применение быстросъемных зажимных площадок повышает универсальность грузозахватного устройства, что позволяет расширить диапазон работ с помощью манипулятора, тем самым повышая его эффективность;

б) устройство может заменить несколько разновидностей грузозахватных устройств и способно транспортировать штучные, тарные, цилиндрические, длинномерные, сыпучие, кусковые и другие грузы.

При работе с грузами различных конфигураций необходимо приобрести набор различных рабочих органов. В случае использования предлагаемого грузозахватного устройства требуется приобретение только быстросъемных зажимных площадок (таблица 6.7).

Таблица 6.7

Сравнительная характеристика преимуществ предлагаемого устройства

	Предложенная конструкция	Аналоги
Количество задействованных устройств на одном манипуляторе	1 (грузозахватное устройство с набором быстросъемных зажимных площадок)	минимум 3 (захват для сыпучих грузов, захват для штучных грузов, захват для длинномерных грузов)
Количество занятого персонала на переоборудовании манипулятора для работы с грузами различных конфигураций (замена ГУ)	минимум 1	минимум 2

Например, ковшовый грейфер Kinshofer KM-604-250 с ротатором KM-04F и подвеской KM-501 стоит 700 810 тг[30], захват для длинномерных грузов Велмаш: ПЛ 70.40.010 стоит 379 500 тг [36] (курс валюты от 28.02.2012).

Для производителей подобного оборудования изготовление быстросъемных зажимных площадок наладить достаточно просто вследствие простоты конструкции. Производить их будет выгодно в связи с наличием большого и долговременного спроса.

6.3.5 Проверка монтажного крана на условие безопасной работы

Установка строительного стрелового монтажного крана должна производиться так, чтобы при работе расстояние между поворотной частью крана (противовесом) при любом его положении и возведенными конструкциями зданий было не менее 1,0м.

Эта проверка должна производиться, например, при применении кранов стрелового типа для возведения кирпичных зданий, при монтаже стеновых панелей, при возведении каркасно – панельных зданий и др.

Проверка производится следующим образом:

а) для выбранного крана для монтажа определенных конструкций находится максимальный вылет крюка l_{max} , на котором грузоподъемность $Q^{тр}$ и высота подъема крюка $H_{кр}^{тр}$ были не менее требуемых ($Q^{тр}$, $H_{кр}^{тр}$);

б) проверяется условие:

$$l_{max} \geq r + 1,0 + D \text{ (м)},$$

где r – наибольший радиус, описываемый поворотной частью крана, противоположной стреле (заданий габарит крана) (рис.6.10);

1,0м – минимально расстояние между поворотной частью крана и конструкциями возводимого здания по правилам безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов;

D – расстояние от вертикали, проходящей через крюк крана, до точки на возведенных конструкциях на уровне поворотной части крана.

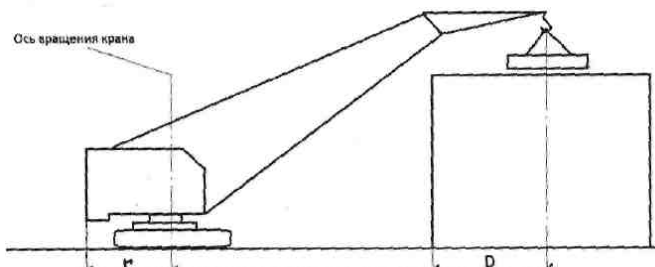


Рисунок 6.10 - Схема работы крана

Если это условие не выполняется, подобным способом проверяется более мощный кран.

Величина заднего габарита стреловых кранов r в зависимости от типа ходовой части приведена в табл.6.8.

Таблица 6.8
Величина заднего габарита стреловых кранов

Марка крана	МКГ 6.3	МКГ 10	МКГ 16М	МКГ 25	МКГ 40
Гусеничные краны					
Величина <i>r</i> , м	2,92	3,3	3,65	3,77	4,7
МКГ 25	25	3854	5200	7600	
Марка крана	ДЭК 50	СКГ 63	МКГ 100	СКГ 160	
Величина <i>r</i> , м	5,0	4,89	6,8	8,2	
Пневмоколесные краны					
Марка крана	КС 4361	К 255	КС 5363	КС 6471	КС 8362Д
Величина <i>r</i> , м	3,0	3,8	3,8	5,3	6,93

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ конструктивных особенностей и путей расширения технологических возможностей строительных кранов башенных передвижных и самоходных с маневренной стрелой и с башенно-стреловым оборудованием (БСО), а также создаваемых на их основе кранов-манипуляторов позволил установить рациональные области использования данных машин на строительно-монтажных работах.

Работа над литературными и патентными источниками с применением методов научно-технического прогнозирования дала возможность авторам установить основные технические направления конструирования и дальнейшего развития этих машин. Основной целью развития монтажных кранов и кранов-манипуляторов является расширение областей их рационального применения, повышение производительности труда и снижение стоимости продукции, максимальная автоматизация транспортных операций, комплексная механизация и автоматизация строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работ.

Наблюдаемые в строительстве тенденции к широкому распространению монтажа крупных объектов, повышению средней этажности зданий, увеличению доли уникальных зданий и сооружений и другие факторы обуславливают рост значимости параметрического соответствия кранов характеристикам объектов. Установлено, что наиболее целесообразно значительное увеличение числа модификаций кранов всех типов, соответствующих в максимальной степени характеристикам определенного объекта или группы объектов. При этом необходимо, чтобы была предусмотрена возможность перевода крана из одной модификации в другую непосредственно на строительной площадке.

Установлено, что грузовысотные характеристики самоходных кранов с БСО приближаются к характеристикам монтажных башенных кранов. При использовании же основных стрел грузоподъемность стреловых кранов превышает грузоподъемность башенных кранов.

В результате выполненного анализа теоретических и экспериментальных данных по деформативности кранов башенных

и самоходных с БСО установлено, что общая деформативность их зависит от ряда факторов, среди которых основным является деформативность системы опирания и подвешивания рабочего оборудования.

Установлено, что наибольшую предельно допустимую деформативность конструкции строительных монтажных кранов башенных и самоходных с БСО следует определять, исходя из условий регламентации параметров: горизонтального перемещения конца стрелы и раскачивания грузов при выполнении ими операций по их подъему и опусканию.

Перспективной тенденцией развития строительно - монтажных кранов является разработка новых типов грузозахватных и ориентирующих рабочих органов, обеспечивающих перевод данных машин мобильной конструкции в класс кранов-манипуляторов. С целью выявления перспективных типов исполнения грузозахватных устройств грузоподъемных манипуляторов авторами было проведено исследование патентных фондов промышленно развитых стран в данной области техники. В результате установлено, что в настоящее время актуальными являются грузозахватные устройства, работающие от гидравлического привода, а также способные выполнять поворот вокруг вертикальной оси.

По результатам анализа авторы сделали конструктивное предложение по созданию универсального грузозахватного устройства для манипуляторов и захватных устройств для грузов с центральным отверстием. Главной отличительной особенностью предложенной конструкции является наличие быстросъемных зажимных площадок, приспособленных для работы с грузами различных конфигураций. Устройство может работать с кусковыми, сыпучими, длинномерными, цилиндрическими, штучными, плоскими и прямоугольного сечения грузами. Данная конструкция позволяет сократить количество используемых грузозахватных устройств, расширяя диапазон работы манипулятора и существенно повышая его эффективность.

Следовательно, общей тенденцией развития монтажных машин является увеличение выпуска кранов большой грузоподъемности, разработка новых типов грузозахватных органов, обеспечивающих перевод кранов прогрессивных конструкций в класс кранов-манипуляторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Назарбаева С.М., Сурашов Н.Т., Гудович М.И.* Робототехника и подъемно-транспортные системы: Учебник.- Алматы: Дәуір, 2011.-464с.
2. *Сурашов Н.Т., Гудович М.И.* Подъемно-транспортные машины: Учебное пособие.- Алматы: КазНТУ, 2012.-322с.
3. *Сурашов Н.Т., Гудович М.И.* Көтеру-тасымалдау машиналары: Оқулық-Алматы, 2013.-344 бет.
4. *Гордин Ж.Г., Райгородский С.Р.* Повышение эффективности использования монтажных кранов.-М.: Стройиздат, 1986-88с.
5. *Невзоров Л.А., Зарецкий А.А.* и др. Башенные краны.-М.: Машиностроение, 1979.-296с.
6. *Кременецкий Е.И., Райгородский С.Р., Хадас З.Б.* Модернизация стреловых самоходных кранов.-М: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя, 1971.-39с.
7. *Сурашов Н.Т., Гудович М.И.* Оқу құралы. Көтеру-тасымалдау машиналары.-Алматы: ҚазҰТУ, 2012.-407бет.
8. *Назарбаева С.М., Сурашов Н.Т.* Көтеру – тасымалдау жүйелері және робот техникасы: Оқулық.-Алматы: ЖШС РПБК «Дәуір», 2011.-432 бет.
9. *Гудович М.И., Кульгильдинов М.С., Козбагаров Р.А.* Грузоподъемные краны стрелового типа: Учебное пособие.- Алматы: КазАТК, 2007.-176 с.
10. *Сурашов Н.Т., Турдалиев А.Т., Гудович М.И.* Перспективные конструкции многофункциональных рабочих органов грузоподъемных манипуляторов: Монография.- Алматы: КазНТУ, 2013г.-151с.
11. *Невзоров Л.А., Гудков Ю.И., Полосин М.Д.* Устройство и эксплуатация грузоподъемных кранов.-М.: Изд.центр «Академия», 2004.-448 с.
12. *Гудович М.И., Мауленов Ж.К., Сурашов Н.Т., Бурцев В.В.* Грузоподъемные машины (теория конструкция и расчет). Учебное пособие.- Алматы: КазГАСА, 2006.-216с.
13. Инструкция по надзору за изготовлением, ремонтом и монтажом подъемных сооружений/ ГКЧС РК.- Алматы: НПХ «Кранэнерго», 1997.-22 с.

14. Типовая инструкция по безопасному ведению работ для машинистов башенных кранов/Госгортехнадзор РК.- Алматы: НПА «Кранэнерго», 1996.-36 с.

15. *Зимин П.А., Гордин Ж.Г.* Эффективность применения стреловых кранов большой грузоподъемности на монтаже строительных конструкций.- Монтажные и специальные работы в строительстве; №6, 1970.- С.11-13.

16. *Сураишев Н.Т., Фазизов О.Ф., Гудович М.И.* Полиграфиядагы жүк көтеру-тасымалдау жүйелері және робототехникасы. Тәжірибелік жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар.- Алматы: ҚазҰТУ, 2012.-43 б.

17. *Гудович М.И., Багитова С.Ж.* Выбор стреловых кранов для ведения строительно-монтажных работ: Учебное пособие.- Алматы: ЦАУ, 2011.-93 с.

18. КМУ – экономически рассчитанная целесообразность. //Подъемная сила.-№6. – 2011. –С.14.

19. www.inman.ru.

20. www.palfinger.ru.

21. www.fassi.com.

22. www.unicmega.ru.

23. www.grusovik.ru.

24. <http://carievtech.ru>.

25. <http://www.fovestservice.ru/produktisiya/manipuleatoru-cranab/54-zakhvaty-cranab-cr-280-i-cv-360.html>.

26. *Кабашев Р.А., Гудович М.И.* Деформативность строительных кранов и кранов- манипуляторов.-Алма-Ата: КазНИИНКИ, 1991.-45 с.

27. *Гудович М.И., Багитова С.Ж.* Сравнение конструктивных способов навешивания БСО самоходных кранов на поворотную платформу. / Материалы НПК «Наука и технологии: шаг к строительству». Вып.35: «Технические науки».- Прага: Издат.дом, 2012.-С.78-82.

28. *Гудович М.И., Кульгильдинов Б.М.* Сопоставление технических параметров строительных башенных и самоходных кранов./ Труды междунар. научно-практич. конф. «Механика и строительство транспортных сооружений».-Алматы: КазГАСА, 2010.-С.370-374.

29. *Гудович М.И., Кульгильдинов Б.М.* Анализ влияния способов подвешивания рабочего оборудования строительных кранов на деформации их металлоконструкций./ Материалы междунар. научно-технический конф. Том 1.- Алматы: КазАТК, 2010.-С.216-219.

30. *Гудович М.И.* Деформативность конструкции стреловых самоходных кранов./ Материалы междунар. конф. «Теоретические и экспериментальные исследования строительных конструкций» Вып.10.- Алматы: КазГАСА, 2006.-С.250-253.

31. *Гудович М.И.* Деформативность и динамика конструкций строительных кранов./ Труды междунар. НПК «индустр.-инновац. развитие ТТТиМ».-Алматы: КазНТУ, 2013. -С.78-81.

32. Сурашов Н.Т., Гудович М.И. Simulation Parameters of Vibration jib Cranes./International Scentific Conference «Transport Problems».- Катовице (Польша), 2012.-С.121-128.

33. Инновационный патент РК № 25281 от 20.12.11г., бюл.№12. Тороидаальный внутренний захват для бумажных рулонов./ Сурашов Н.Т., Помашев О.П., Боровский А.Ю.

34. Инновационный патент РК № 24089 от 15.06.11г. Подъемно-поворотное устройство с внутренним захватом для транспортировки бумажных рулонов. / Сурашов Н.Т., Газизов О.Г., Асаубеков М.А.

35. www.grosnab.ru.

36. <http://www.ecvane.ru/ektnews/112-kinshofer.html>.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. Особенности применения монтажных кранов и кранов- манипуляторов.....	6
1.1. Применение стреловых кранов на строительномонтажных работах (СМР).....	6
1.2. Основные преимущества применения стреловых кранов.....	8
1.3. Рациональное использование гусеничных кранов...	10
1.4. Рациональное использование пневмоколесных кранов.....	15
1.5. Преимущества оснащения самоходных кранов башенно-стреловым оборудованием.....	17
1.6. Применение передвижных кранов-манипуляторов..	19
2. Обзор конструкций грузоподъемных кранов для монтажных работ.....	21
2.1. Общие сведения, классификация и особенности применения.....	21
2.2. Транспортирование кранов на объект, их монтаж и демонтаж.....	25
2.3. Стреловые краны на пневмоколесных ходу.....	26
2.3.1. Автомобильные краны.....	26
2.3.2. Пневмоколесные краны.....	28
2.3.3. Краны на шасси автомобильного типа.....	34
2.4. Гусеничные краны.....	37
2.5. Башенные передвижные краны.....	42
3. Обзор конструкций передвижных крановманипуляторов и их рабочих органов.....	45
3.1. Назначение и классификация.....	45
3.2. Анализ компоновочных схем автомобилей с манипуляторами.....	49
3.3. Анализ современных крано – манипуляторных установок и их грузозахватных устройств.....	52
4. Расширение технологических возможностей монтажных кранов.....	63
4.1. Пути модернизации элементов конструкции и механизмов кранов.....	63

4.2.	Существующие способы изменения грузовых характеристик.....	65
4.3	Пути расширения технологических возможностей..	72
4.4	Устройства с внешними дополнительными связями на кран.....	75
4.5	Устройства без внешних дополнительных связей на кран.....	79
5.	Влияние конструкций монтажных кранов на деформации их рабочего оборудования.....	83
5.1	Сравнение конструктивных схем устройства строительных башенных и самоходных кранов.....	83
5.2	Критерии деформативности и показатели динамических характеристик кранов.....	87
5.3	Влияние систем подвесок рабочего оборудования на деформации металлоконструкций кранов.....	91
5.4	Сравнение динамических нагрузок и параметров колебаний сопоставимых моделей кранов.....	94
6.	Области рационального применения монтажных кранов и кранов-манипуляторов.....	99
6.1	Применение стреловых и башенных кранов на монтажных работах.....	99
6.2	Выявление перспективных конструкций грузозахватных устройств кранов-манипуляторов.....	101
6.3	Эффективность использования монтажных кранов и кранов-манипуляторов.....	109
6.3.1	Методика расчета себестоимости монтажа конструкций.....	109
6.3.2	Пример сравнения монтажных кранов по экономическим параметрам.....	110
6.3.3	Расчет эффективности использования автомобиля с манипулятором.....	112
6.3.4	Эффективность использования предлагаемого грузозахватного устройства.....	115
6.3.5	Проверка монтажного крана на условие безопасной работы.....	116
	Заключение.....	118
	Список литературы.....	120

Сурашов Нургали Толымбекович,
Гудович Михаил Иванович

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРЕЛОВЫХ КРАНОВ НА СТРОИТЕЛЬНО – МОНТАЖНЫХ РАБОТАХ

Авторская редакция

Компьютерная верстка

А.Б. Аришова

Подписано в печать 11.06.2014 г.
Тираж 300 экз. Формат 60х84х 1/16. Бумага типогр. № 1.
Уч.-изд.л. 7,8. Усл. п.л. 6,8. Заказ № 73. Цена договорная.

Издание Казахского национального технического
Университета им. К. И. Сатпаева
Учебно-издательский центр КазНТУ,
г. Алматы, ул. Сатпаева, 22