

УДК 621.873

Ермакова С. А.

## АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ И НАГРУЖЕННОСТИ ОПОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ САМОХОДНЫХ СТРЕЛОВЫХ КРАНОВ

Стреловые краны находят широкое применение при погрузочно-разгрузочных, строительных и ремонтно-восстановительных работах во всех отраслях хозяйского комплекса Украины [1]. Основные достоинства таких кранов заключаются в высокой мобильности, маневренности и в выполнении широкого спектра работ, и т. д.

Безопасная эксплуатация таких кранов зависит от многих факторов, поэтому одним из важнейших условий работы является обеспечение устойчивости. Анализ показывает, что потеря устойчивости приводит, как правило, к разрушению самой машины без возможности ее дальнейшего восстановления, а также возможным вторичным разрушениям и человеческим жертвам. Особенно это важно, когда по тем или иным причинам грузоподъемная машина в процессе эксплуатации испытывает на себе ненормируемые внешние воздействия, представляющие собой просадку почвы под выносными опорами, ветровые нагрузки, ошибки оператора-крановщика. Поэтому весьма важной и актуальной задачей является создание оптимальных условий эксплуатации и рациональных параметров опорного оборудования.

Целью данной работы является рассмотрение факторов, влияющих на устойчивость самоходных кранов, анализ существующих конструкций выносных опор и опорных контуров и учет нагрузок, действующих на опоры, влияние жесткости несущих элементов шасси на их устойчивость.

В литературе, посвященной определению нагрузок на опоры [2], [3], все нагрузки приведены к плоскости опирания опор на грунт. Анализ существующих методик расчета распределения нагрузок между опорными элементами, дает возможность сделать выводы: не всегда учитывается податливость грунта, на которые опираются опорные элементы в процессе работы; сложно учесть влияния на распределение нагрузок изменение площадей опорных поверхностей и изменение глубины погружения опорных элементов которые возникают вследствие неровности и неоднородности грунта.

Стреловые краны, как правило, снабжены выносными опорами различной конструкции [4]. При опирании рамы самоходного крана на выносные опоры непосредственно в точках крепления (рис. 1, а) обеспечивается полная разгрузка рамы и осей. В железнодорожных кранах опорная рама имеет шесть-восемь точек опирания. Выносные опоры, расположенные наклонно в вертикальной плоскости (рис. 1, б), мало увеличивают опорную поверхность, однако они просты в изготовлении и эксплуатации, так как их можно привести в рабочее положение простым выдвиганием. При использовании таких опор на грунт под опорами действуют дополнительно горизонтальные нагрузки от составляющих веса крана, которые передаются вследствие действия сил трения.

В тяжелых самоходных кранах, несмотря на высокую себестоимость, большое распространение получили сочлененные выносные опоры (рис. 1, в), выполненные различных модификаций и позволяющие увеличить опорную площадку и разгрузить раму крана. Балки выносных опор обычно расположены друг над другом и реже в одной плоскости. При расположении несущих балок выносных опор перпендикулярно продольной оси автомобильного крана возникают некоторые трудности в размещении элементов трансмиссии и управления, требующие специальных конструкторских решений (рис. 1, е, г).

Перспективной в самоходных кранах является опора, выполненная поворотной в вертикальной плоскости (рис. 1, д) и с гидравлическим приводом. В мощных кранах применяют выносные опоры, воспринимающие нагрузку от собственного веса крана и веса поднимаемого

груза (рис. 1, з), а также дополнительные балки и сегментные элементы, благодаря которым опорная поверхность имеет форму, близкую к круговой. Время установки выносных опор входит в общее время подготовки крана к эксплуатации.

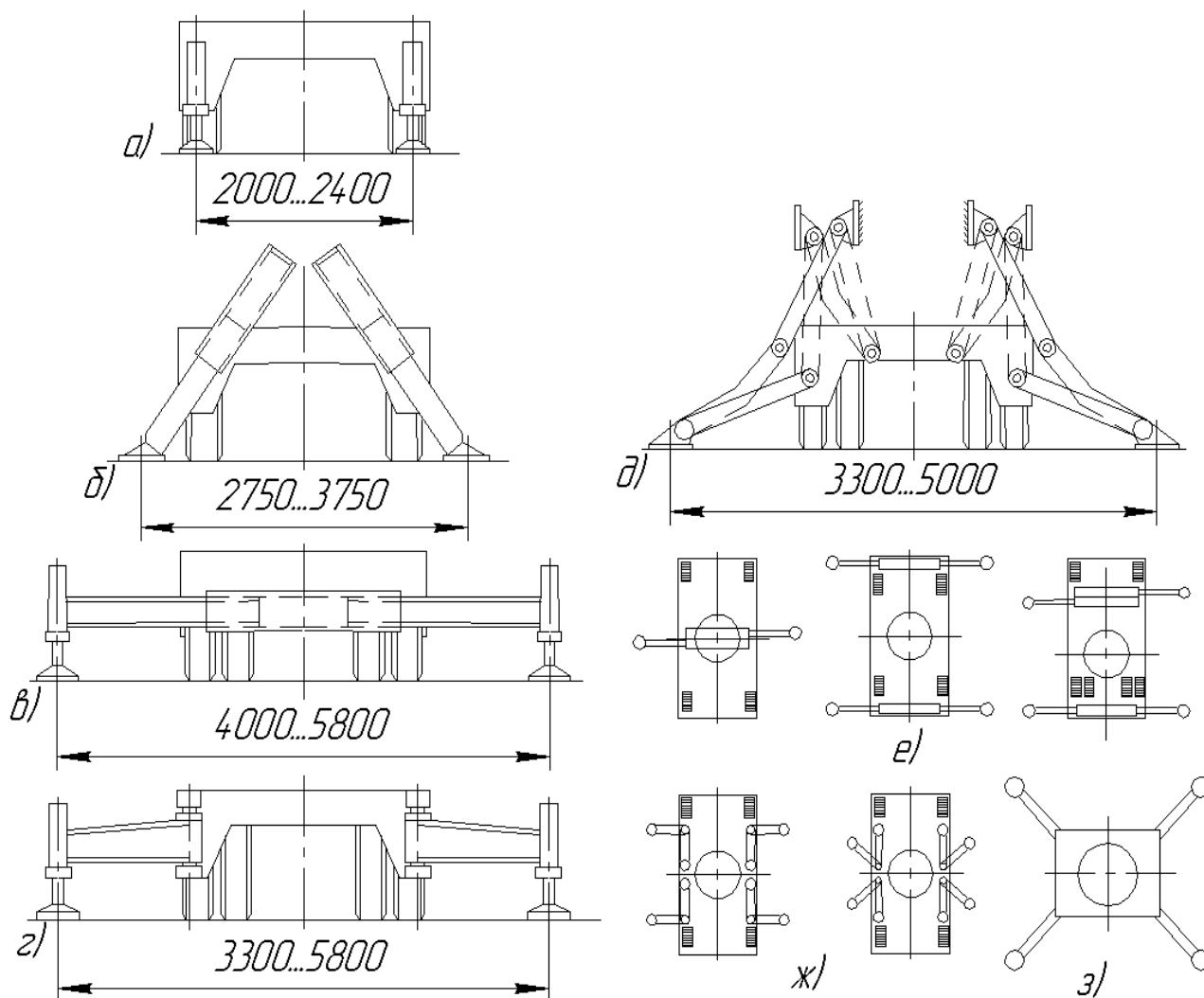


Рис. 1. Выносные опоры самоходных кранов (приводные гидроцилиндры не показаны): а – вертикальная опора; б – наклонная опора; в – горизонтальная выдвижная опора; г – горизонтальная поворотная опора; д – вертикальная поворотная опора; е – схема размещения горизонтальных выдвижных опор на раме шасси; ж – схема размещения горизонтальных поворотных опор на раме шасси; з – съемные опоры

Опорные поверхности выносных опор должны способствовать снижению давления на грунт до нормативных значений при максимальных фактических нагрузках (рис. 2). Как правило, ось поворота крана проходит через центр масс опорной площадки или главную ось подвески. Опорные поверхности самоходных кранов различной формы показаны на рис. 3. Предпочтительные схемы (рис. 3, д, е) приводят к высоким нагрузкам на опоры и несущую раму крана. Для тяжело нагруженных кранов характерно многоточечное опирание. Многоточечное (шести- и восьмиточечное) опирание имеет существенное преимущество по сравнению с четырехточечным опиранием. Нагрузки на несущую раму крана можно снизить, если опорную поверхность выполнить по форме, близкой к круговой. Преимуществом многоточечного опирания является низкая чувствительность опорной системы к разгрузке одной из опор, например, вследствие податливости грунта под одной из опор.

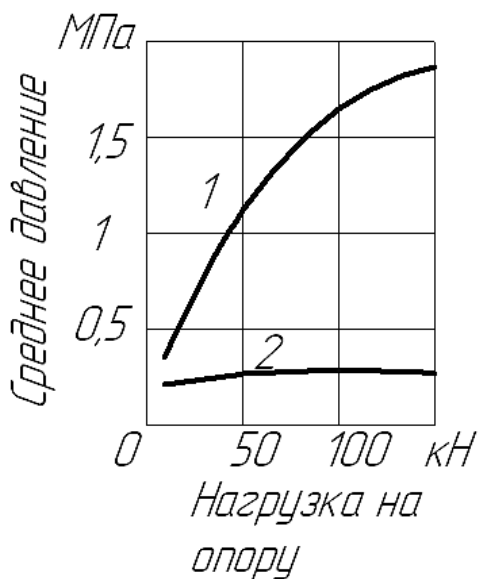


Рис. 2. Средние опорные давления под опорной подушкой:  
1 – прочное дорожное покрытие; 2 – податливый грунт

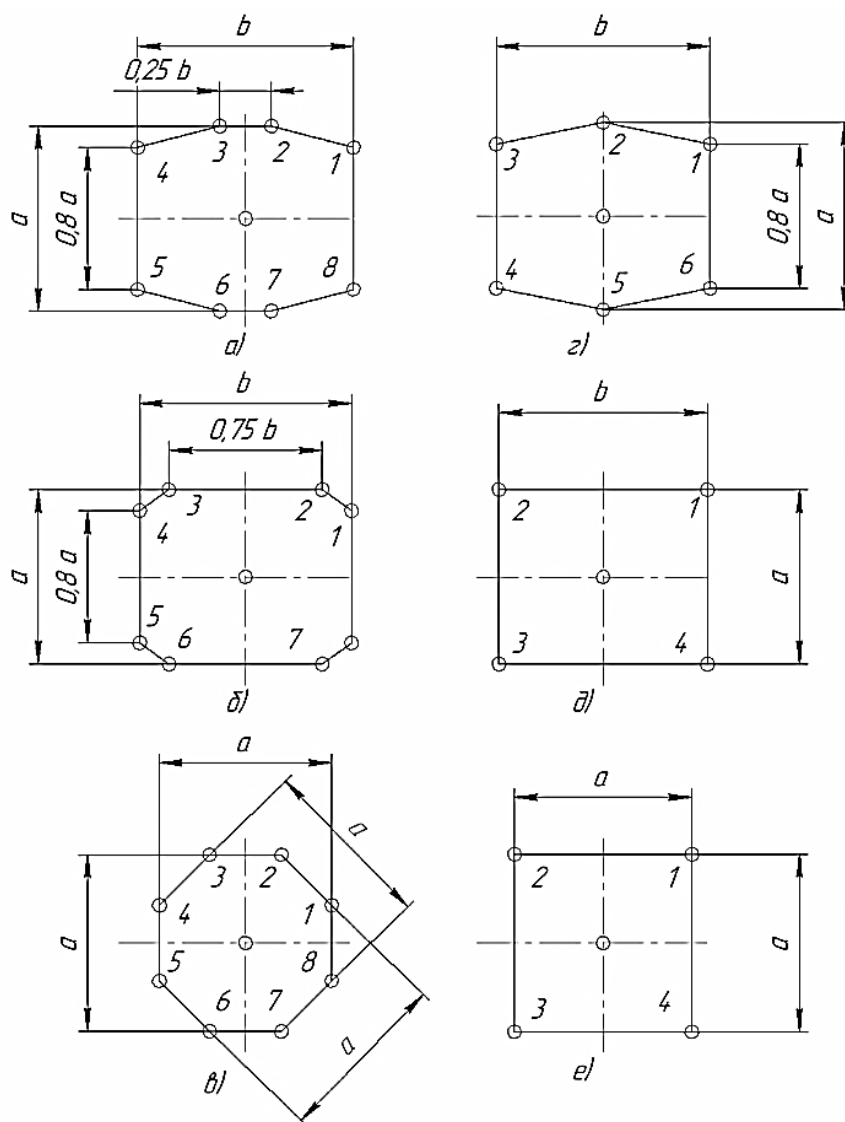


Рис. 3. Опорные поверхности различной конфигурации самоходных кранов

Особенностью самоходных стреловых кранов является то, что их грузоподъемность изменяется в широких пределах, так большим вылетам отвечают меньшие значения грузоподъемности, но постоянным принимается грузовой момент при номинальной грузоподъемности на максимальном вылете, соответствующим этой грузоподъемности. Поэтому в стреловых поворотных кранах нагрузка на основании переменна и зависит не только от веса груза, но и от положения поворотной части относительно неповоротной и от веса стрелы, т. е. от положения равнодействующей всех сил действующих на поворотную и неповоротную часть в вертикальной плоскости. При этом нагрузка передается в основном через четыре или другое количество специальных выносных опор, которыми кран опирается на грунт, что служит для разгрузки ходовых колес крана. Для определения нагрузок на опорные элементы самоходных стреловых кранов и экскаваторов на кафедре ПТМ ДГМА разработана методика [5], позволяющие учесть конструкцию опорной части, взаимодействие ее с внешней средой, состояние грунтов и их физико-механические характеристики и их влияние на устойчивость крана.

В результате теоретических исследований по методике получены графики распределения нагрузок между опорами крана (рис. 4).

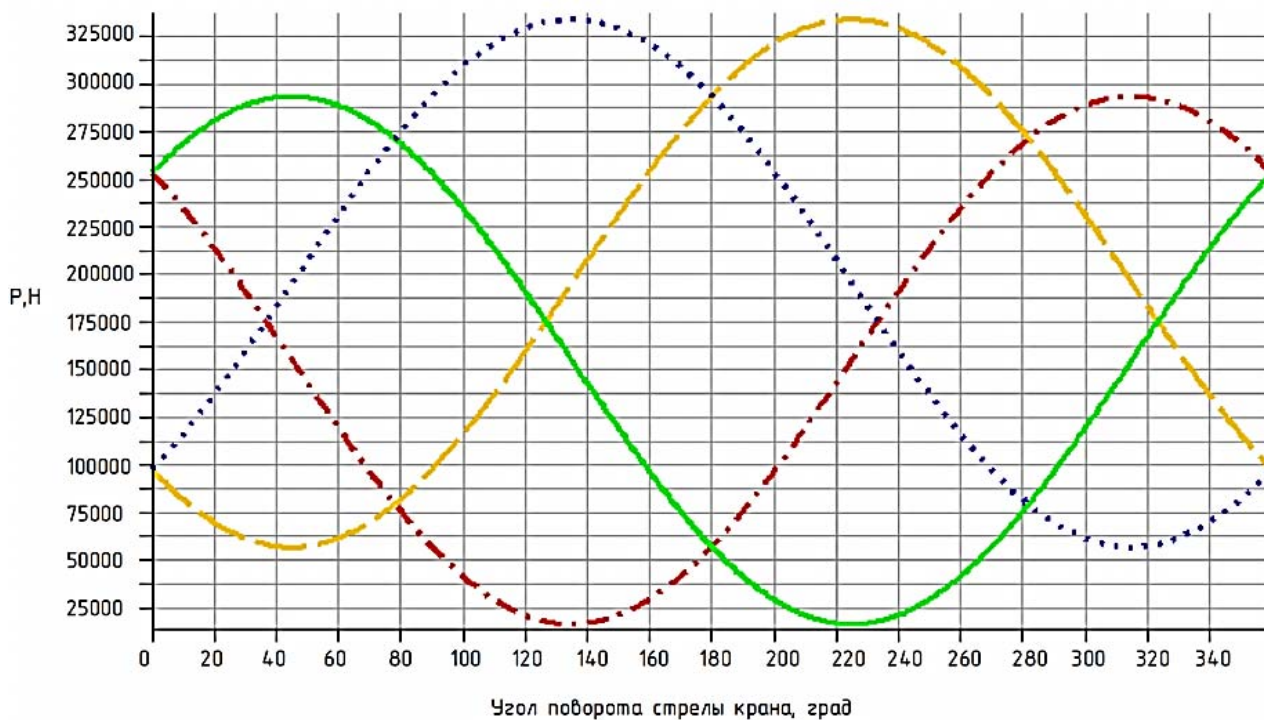


Рис. 4. График изменения и распределения нагрузок между опорами крана при повороте стрелы крана (на примере крана КС-6371):

—  $P_3$ ; —  $P_2$ ;  
 —  $P_4$ ; —  $P_1$

Анализ графиков на рис. 4 позволяет сделать такие выводы:

- нагрузки опорных элементов в процессе работы крана носят колебательный характер;
- нагрузки, возникающие в опорах крана, изменяются в широких границах в зависимости от положения элементов крана.

При повороте стрелы крана наибольшие нагрузки наблюдаются под опорами 1 и 4 и составляют  $P = 325$  кН, а наименьшие – под опорами 2 и 3 и составляют 10 кН; при угле поворота стрелы крана  $\beta = 135^\circ$  вторая опора является практически разгруженной, а при угле поворота  $\beta = 225^\circ$  третья опора почти исключается из работы.

Значительное влияние имеют также такие факторы, как неровность опорной поверхности, что приводит к перегрузкам одних и малой нагрузки других опорных точек. Например, на рис. 5 приведен график распределения нагрузок при установке крана на наклонной площадке (кран КС-6371).

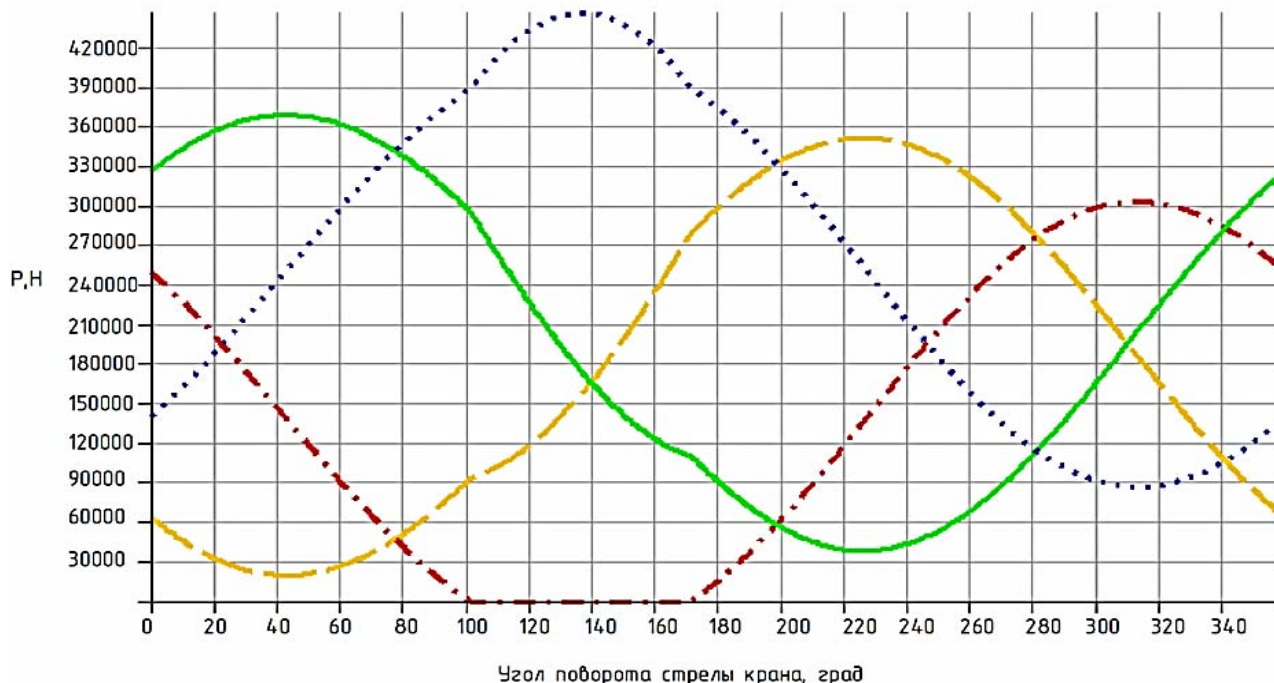


Рис. 5. График распределения нагрузок на наклонной площадке (при повороте стрелы:  $\alpha = 70^\circ$ ,  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\theta = 4^\circ$ )

Из рис. 5 видно, что при повороте стрелы крана на угол от  $100^\circ$  до  $170^\circ$  наблюдается отрыв второй опоры и перераспределение нагрузок между тремя оставшимися в работе опорными элементами, нагрузку от этой опоры в основном воспринимает 4 опора, видим скачок нагружения этой опорной точки на графике.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, анализ полученных результатов позволяет оценить влияние отдельных факторов на нагруженность опорных элементов кранов и их устойчивость при работе кранов в разных условиях. Установлено, что на некоторые опорные точки действуют как положительное, так и отрицательное нагружение при повороте крана на угол  $360^\circ$ . Колебания нагрузок в опорных точках могут изменяться в 1,2...1,5 раза от номинальных.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Епифанов С. П. Краны стреловые пневмоколесные и гусеничные / С. П. Епифанов, В. И. Поляков. – М. : Висш. школа, 1979. – 168 с.
2. Основы расчета и конструирования подъемно-транспортных машин / Шеффлер М. Н. и др. – М. : Машиностроение, 1980. – 255 с.
3. Грузоподъемные краны. Труды вузов Российской Федерации / Уральский политех. / Изд-во УПИ. – Свердловск : Техника, 1976. – 186 с.
4. Невзоров Л. А. Краны башенные и автомобильные / Л. А. Невзоров, М. Д. Полосин. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2007. – 416 с.
5. Козюлькіна С. О. Методика визначення стійкості залізничного крана 7Ж72 з урахуванням умов обпирання аутригерів на ґрунт / В. Г. Крупко, В. О. Койнаш, С. О. Козюлькіна // Зб. наук. праць. – Харків : Укр-ДАЗТ, 2004. – Вип. 58. – С. 30–35.