

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОЙ КОМПОНОВКИ

Выбор и оптимизация параметров опорного контура с помощью средств трехмерного моделирования

Новейшие системы автоматизированного проектирования (САПР) расширяют возможности конструкторов, проектировщиков, технологов, расчетчиков. Использование решателя средств трехмерного твердотельного моделирования позволяет по-новому посмотреть на проблемы устойчивости грузоподъемных машин (ГПМ).

В основе предлагаемого метода оптимизации лежит определение центра масс всего изделия и его составных частей при различных положениях грузовой стрелы с изменяемой полезной нагрузкой. При этом производится вычисление положения центров масс относительно ребер опрокидывания и центра поворота рабочих органов ГПМ. Такие результаты позволяют получить средства трехмерного твердотельного моделирования.

При проведении исследований с помощью трехмерной модели можно достичь следующего:

- провести оценку грузовой устойчивости по заданным параметрам;
- выработать рекомендации по компоновке изделия;
- определить диаграмму рабочей зоны ГПМ по критериям грузовой устойчивости;
- выработать рекомендации по оптимизации размеров опорного контура ГПМ.

На выбор параметров опорного контура влияет коэффициент грузовой устойчивости, который определяется из выражения:

$$K_{г.уст.} = \frac{M_{уд.}}{M_{опр.}}$$

где:

$M_{уд.}$ – удерживающий момент,

$M_{опр.}$ – опрокидывающий момент.

Моменты удерживающий и опрокидывающий вычисляются относительно соответствующего ребра опрокидывания

ГПМ, причем оценку устойчивости ГПМ проще производить при наихудшем для данного изделия положении рабочих органов.

В основе предлагаемого метода оценки грузовой устойчивости лежит принцип рычажных весов (рис. 1), точка опоры которых смещена для задаваемого коэффициента устойчивости. Уравновешивание частей ГПМ в различных положениях грузоподъемной стрелы происходит на линии, которая является ребром опрокидывания, образуемой выставленным опорным контуром.



Состояние неустойчивого равновесия

частей и их проекций на горизонтальную плоскость, определяем удерживающий и опрокидывающий моменты. По найденным моментам вычисляем коэффициент устойчивости ГПМ для текущего положения грузоподъемной стрелы. С помощью параметрических возможностей трехмерного редактора можно проверить соотношение удерживающего и опрокидывающего моментов ГПМ практически в любом положении грузоподъемной стрелы изделия с различной нагрузкой в вершине стрелы. При оценке грузовой устойчивости для снижения временных затрат рекомендуется выбирать наиболее характерные положения грузовой стрелы, которые являются критическими для устойчивости.

Средства трехмерного твердотельного моделирования дают уникальную возможность, которая заключается в том,



1,4 – нормативный коэффициент устойчивости

Рис. 1

Для оценки устойчивости берется достаточно полная (с учетом наибольшего количества выполненных компонентов) трехмерная модель изделия и рассекается по линии ребра опрокидывания (рис. 2), причем с помощью возможностей трехмерного пакета КОМПАС-3D V13 получаем отдельно массу и проекции центра масс одной и другой отсеченных частей изделия. Одну часть (находящуюся внутри опорного контура) будем называть удерживающей, другую – опрокидывающей. Зная координаты центра масс отсеченных

что не нужно изготавливать опытный образец изделия для того, чтобы предварительно оценить технические возможности проектируемой ГПМ.

Результаты оценки устойчивости ГПМ с помощью виртуальной модели на этапе проектирования дают следующие преимущества:

- снижение затрат по времени;
- исключение дополнительных работ по проектированию в случаях ошибочного результата;
- снижение затрат на внесение изменений в конструкцию изделия в случаях неудовлетворительного результата испытаний, полученных при неверно заданных параметрах опорного контура и просчетах в компоновке изделия.

Для примера: на рис. 3 представлена проекция трехмерной модели автолестницы пожарной АЛ 34. При варианте, когда объект выставлен на опоры и стрела поднята на угол 10° при постоянном вылете, можно отследить положения проекции центра масс всего изделия, производя перемещение стрелы. Соединяя точки центра масс кривой, получаем окружность, по которой происходит перемещение центра масс при повороте стрелы в

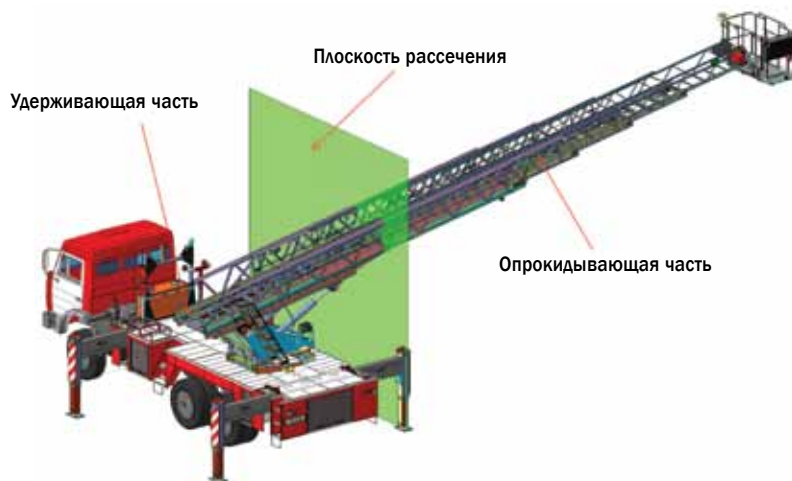


Рис. 2

Масса изделия – 17540 кг;
 центры масс через каждые 15 градусов поворота
 стрелы;
 угол подъема стрелы – 10 градусов;
 вылет – 20 м;
 полезная нагрузка в люльке – 200 кг

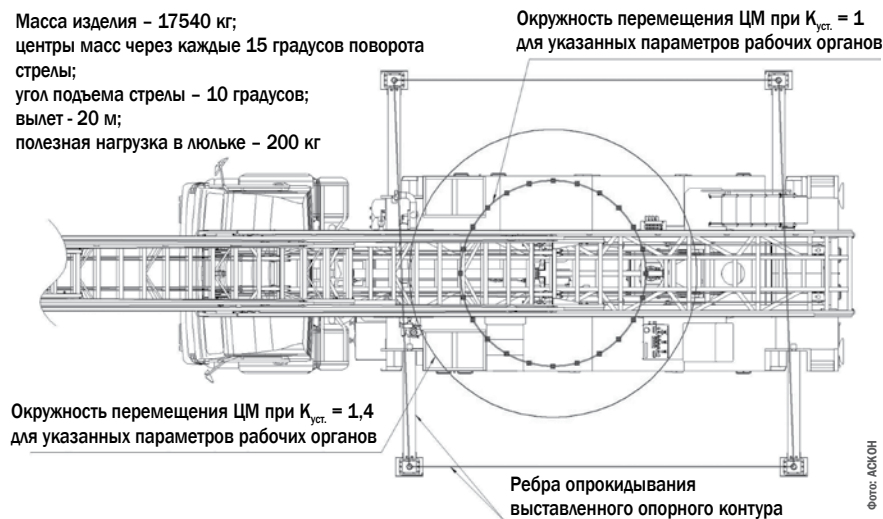


Рис. 3

пределах одного оборота. В данном примере параметры нагружения и положения рабочих органов исследуемой модели ГПМ подобраны таким образом, что касательная в любой точке полученной окружности является ребром опрокидывания при $K_{уст.} = 1$.

Следовательно, используя трехмерную модель, для каждого угла подъема стрелы можно построить подобную окружность, причем, чем выше угол подъема, тем меньше радиус окружности и тем выше устойчивость системы. Подбирая соотношение моментов, можно построить окружность и для нормативного коэффициента устойчивости, проекция которой не должна выходить за пределы опорного контура. По полученным результатам таких исследований можно провести оценку грузовой устойчивости ГПМ, провести оптимизацию компоновки и отследить границу рабочей зоны по параметру устойчивости.

На рис. 4 для примера показаны положение ГПМ при максимальном угле подъема стрелы, положения центров масс подвижной и неподвижной частей изделия.

Изменяя положения ребер опрокидывания, можно с помощью метода последовательного приближения подобрать на трехмерной модели положение ребра опрокидывания, соответствующее заданным коэффициентам устойчивости, которые определены нормативными документами.

При подробной проработке трехмерной модели на раннем этапе проектирования по заданным коэффициентам устойчивости можно оценить и оптимизировать размеры опорного контура конкретной ГПМ и выработать рекомендации по подбору базового шасси.

На наш взгляд, для выбора размеров опорного контура необходимо знать угол подъема грузовой стрелы для самых неблагоприятных условий и максимальный для этого угла вылет. Экспериментальным путем с помощью трехмерной

модели подбирается угол подъема стрелы – обычно это близко к горизонтальному положению стрелы. Величина вылета стрелы, для данного угла подъема в основном определяется прочностью конструкции.

При перемещении стрелы в горизонтальной плоскости в пределах одного оборота центр масс изделия перемещается по окружности, центр которой в идеальном случае должен быть расположен на продольной оси ГПМ (рис.3). Хорошие результаты по оптимизации параметров опорного контура дает перемещение этого центра масс ГПМ вдоль оси в сторону центра поворота рабочих орга-



Рис. 4

нов путем изменения компоновки изделия. Следует учитывать, что конфигурация опорного контура зависит и от расположения элементов конструкции выбранного базового шасси, что может внести свои ограничения.

Зная границу опорного контура, где расположено ребро опрокидывания определяет нормативный коэффициент грузовой устойчивости, можно умень-

шить длину выдвигания выносных опор (обычно длина выдвигания берется с запасом), тем самым снизить металлоемкость конструкции.

Зная расположение центра масс выставленной на опоры ГПМ, можно определить силы реакции, действующие на опорные плиты аутригеров, что дает возможность подобрать параметры гидравлической системы.

Следует заметить, что результирующая граница диаграммы рабочего поля ГПМ должна учитывать наряду с границей рабочего поля, определенной путем расчета прочности конструкции, и границу рабочего поля, определенную с учетом грузовой устойчивости.

Практическая реализация методических наработок для анализа устойчивости изделия на этапе проектирования.

Представленные в статье соображения опираются на исследования модели автостеллижи пожарной АЛ 34 (рис. 2), разработанной сотрудниками Инженерного центра ООО «Пожарные Системы». Трехмерная модель изделия достаточно подробно проработана (порядка десяти тысяч подборок и деталей), что дало возможность достаточно точно определить массово-центровочные характеристики, как всей модели, так и ее отдельных узлов. Результаты исследований не противоречат результатам проведенных натурных испытаний на изготовленном образце изделия.

Данные методические материалы могут быть полезны при оценке устойчивости ГПМ при хорошем владении инструментами трехмерного моделирования.

Изменяя положение ребра опрокидывания (параметры опорного контура), можно достичь результата, когда коэффициент грузовой устойчивости будет равен нормативному.

Оценку грузовой устойчивости следует производить при положениях рабочих органов конструкции ГПМ, в которых устойчивость является минимальной, тем самым сокращая количество циклов исследований.

При использовании данного метода для анализа трехмерной виртуальной модели следует рассчитывать на существенное сокращение времени. Чем выше ресурсы графической рабочей станции, тем существеннее снижение временных затрат.

Используя возможности оценки устойчивости на этапе проектирования, можно избежать лишних материальных затрат за счет снижения риска появления ошибочных решений.

**Александр Шаламов,
 Олег Бесов, Кирилл Беляев
 Инженерный центр инновационной
 техники (г. Тверь)**