

**РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ (КРИТЕРИЕВ)
СТАТИЧЕСКОЙ И ДИНАМИЧЕСКОЙ
УСТОЙЧИВОСТИ ПОДЪЕМНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ НА БАЗЕ
АВТОМОБИЛЬНОГО ШАССИ**

Бойков В. П.¹, д-р техн. наук, проф., **Поздняков Н. А.**¹, ст. преп.,
Ковалев П. В.², гл. конструктор,

¹Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: trak_atf@bntu.by

²ООО «Пожснаб», г. Борисов, Республика Беларусь,
e-mail: tech@pozhsnab.com

**CALCULATION OF INDICATORS (CRITERIA)
OF STATIC AND DYNAMIC STABILITY OF LIFTING
EQUIPMENT BASED ON AN AUTOMOBILE
CHASSIS**

V. Boykov¹, Doctor of technical Sciences, Professor,
N. Pozdnyakov¹, senior lecturer, **P. Kovalev**², chief designer,
¹Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus,
e-mail: trak_atf@bntu.by

²«Pozhsnab» LLC, Borisov, Republic of Belarus,
e-mail: tech@pozhsnab.com

В статье рассматриваются вопросы обоснования и выбора расчетной схемы на основе трехмерного моделирования. Предложена методика и модель, обеспечивавшая необходимую степень параметризации и имитацию различных режимов работы подъемного оборудования пожарных машин. Приведены характеристики, позволяющие методом трехмерного моделирования оперативно просчитать массо-центровочные характеристики такого оборудования.

В Заключении сформулированы возможные конкретные результаты при проведении исследований по разработанной методике с помощью трехмерной модели в среде MCS Adams.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, технологическое оборудование, расчетная схема, трехмерная модель, массо-центровочные и геометрические характеристики.

The article discusses the issues of justification and selection of a design model based on three-dimensional modeling. A technique and a model are proposed that ensured the necessary degree of parametrization and imitation of various operating modes of the lifting equipment of fire engines. The characteristics are given that allow the method of three-dimensional modeling to quickly calculate the mass-centering characteristics of such equipment.

In the Conclusion, possible specific results are formulated when conducting research on the developed methodology using a three-dimensional model in the MCS Adams environment.

Key words: fire truck, technological equipment, design scheme, three-dimensional model, mass-centering and geometric characteristics.

Введение

При оценке конструкции подъемного оборудования на соответствие показателям безопасности необходимо на ранних стадиях проектирования определять показатели статической и динамической устойчивости. Крайне важно правильно рассчитать полезную нагрузку, величину опорного контура при различных вариантах выставления опор (ведь машина должна быть устойчивой и работать даже в стесненных условиях, когда места для размещения мало), учесть метеорологические условия (например, скорость ветра). От точности проведенных расчетов и грамотных технических решений, заложенных еще на стадии проектирования грузоподъемной техники, зависит жизнеспособность изделия и безопасность людей, которые ее эксплуатируют.

Значения этих показателей, кроме конструктивных факторов, зависят от режимов и условий эксплуатации. При этом для определения коэффициента устойчивости практически невозможно (из-за вы-

сокой трудоемкости) определить текущие значения некоторых геометрических параметров, входящих в выражения для определения моментов из-за сложности формы элементов конструкции и их изменения в зависимости от их рабочего положения и режимов движения. Поэтому такие расчеты выполняются с многократной повторностью и проверкой точности. В ряде случаев модель нуждается в доработке по полученным расчетным данным и повторной проверке до достижения необходимой точности.

При использовании виртуальных испытаний в CAE-системах задачи определения искомых геометрических параметров решаются при помощи испытанных алгоритмов машинным способом, а поставленная цель испытаний достигается с помощью путем создания функциональных виртуальных прототипов компонентов оборудования и систем с использованием конструкторских 3D-моделей на ранних этапах цикла проектирования и выполнения серии виртуальных тестов.

Анализ исходных данных, выполнение расчетов и оценка результатов

Целью выполнения расчетов является определение запаса динамической устойчивости (против опрокидывания) мобильного колесного шасси в агрегате с технологическим оборудованием, смонтированном на круговой платформе. При этом предполагалось решить следующие задачи:

- определить существенные конструктивные элементы схемы и значимые массо-геометрические параметры шасси;
- определить технологические режимы и варианты позиционирования объекта;
- определить нагрузочные режимы для различных технологических операций объекта;
- разработать расчетную схему и динамическую модель объекта;
- разработать алгоритма расчетов;
- обосновать расчетные критерии;
- выполнить расчеты в соответствующей среде.

В качестве исходных данных была принята конструктивная схема объекта, представленная на рисунке 1.

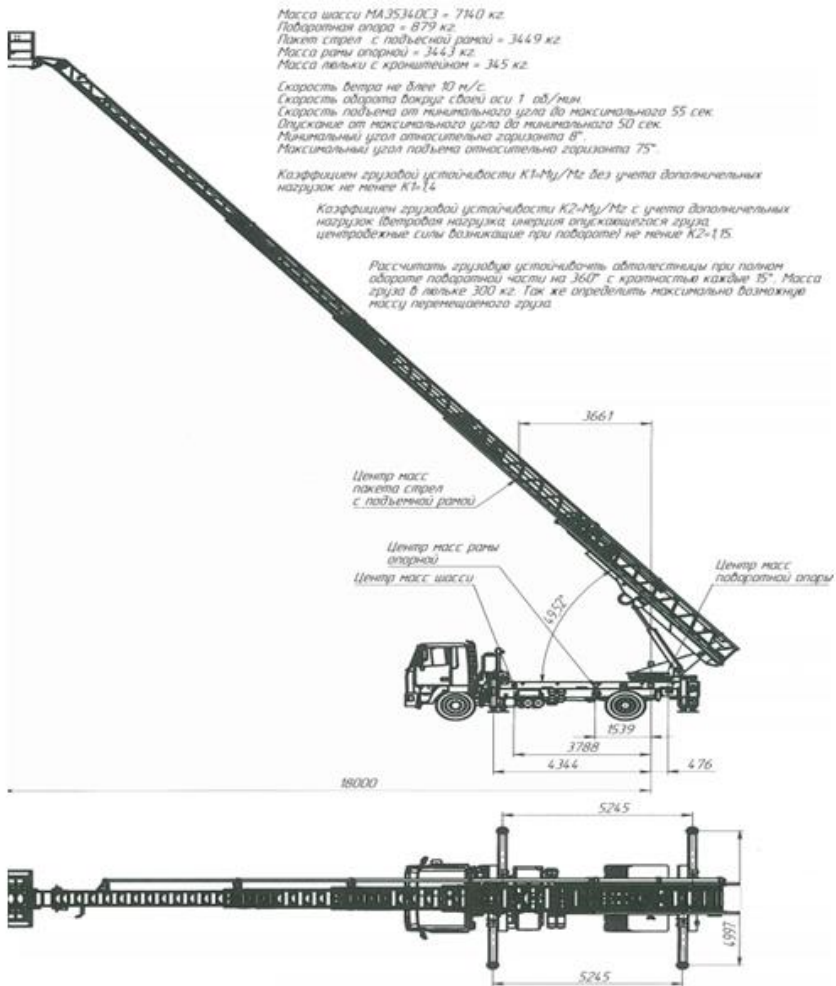


Рисунок 1 – Конструктивная схема шасси.

В качестве массо-геометрических параметров приняты:

- масса шасси – 7140 кг;
- масса поворотной части лестницы – 6010 кг;
- масса люльки – 345 кг;
- масса опорной рамы – 3443 кг;

- продольное расстояние между опорами – 5245 мм;
- поперечное расстояние между опорами – 4995 мм;
- колесная база шасси – 4700 мм;
- скорость ветра – 10 м/с.

В качестве основных критериев приняты:

- величины вертикальных реакций со стороны опорной поверхности на опоры.

Допущения, принятые при проведении расчетов:

- площадка для проведения испытаний имеет нулевые уклоны в продольной и поперечной плоскостях;
- действие силы ветра сосредоточено в центре тяжести лестницы и определено по величинам площади проекции лестницы и коэффициенту аэродинамического сопротивления;
- увеличение и снижение скорости поворота платформы происходит за 2 с.

Схема модели в среде разработки представлена на рисунках 2, 3.

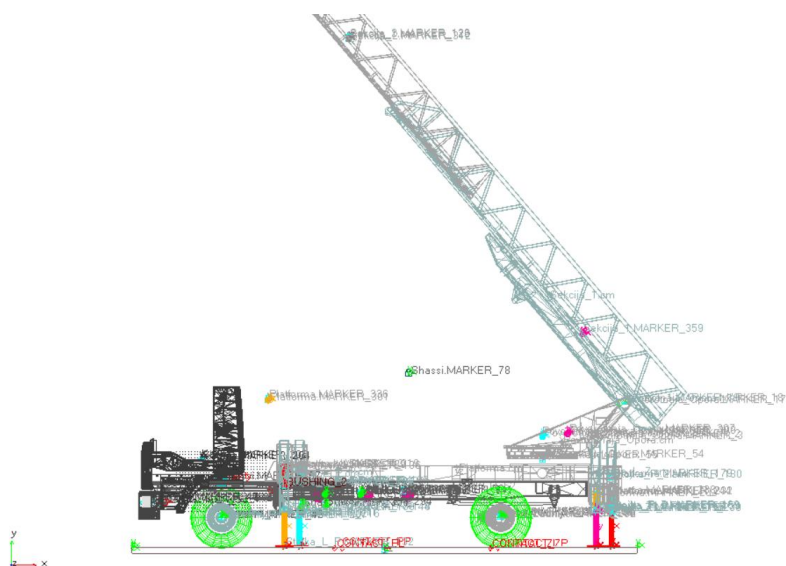


Рисунок 2 – Схема модели в среде разработки MSC Adams

Расчетные исследования проводились при статическом нагружении лестницы при углах ее наклона 75° , 48° и -7° при всех возможных поворотных положениях с шагом угла поворота 2° в горизонтальной плоскости.

Вторым этапом выполнялось расчетное определение вертикальных нагрузок при повороте платформы с учетом действия сил инерции поворотной части платформы.

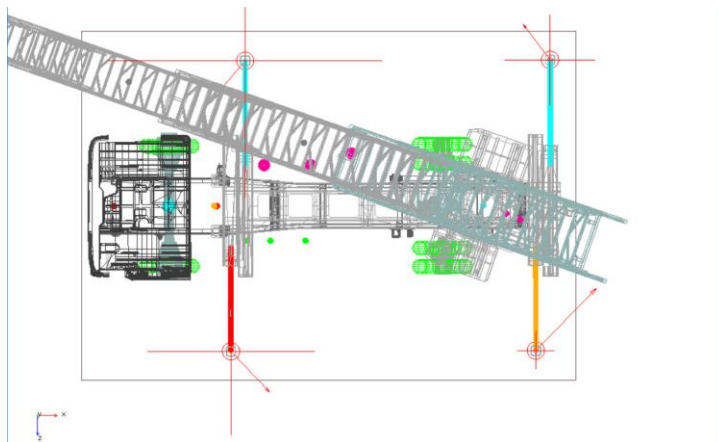


Рисунок 3 – Схема модели в среде разработки MSC Adams

Результаты расчетов динамического нагружения представлены в виде зависимостей исследуемых показателей от времени.

Угол наклона лестницы – 75° (рисунок 4, 5).

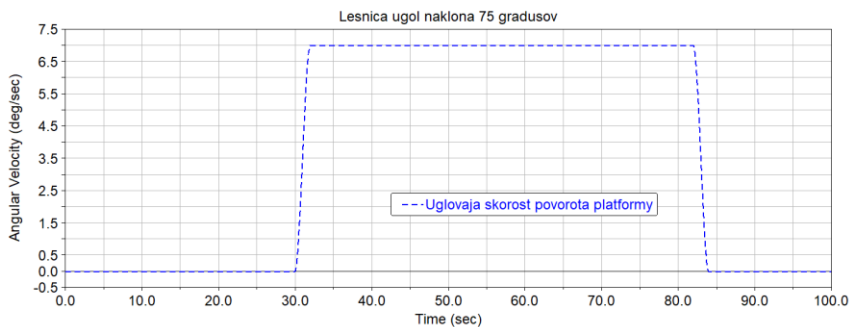


Рисунок 4 – Результаты моделирования при угле наклона лестницы 75°

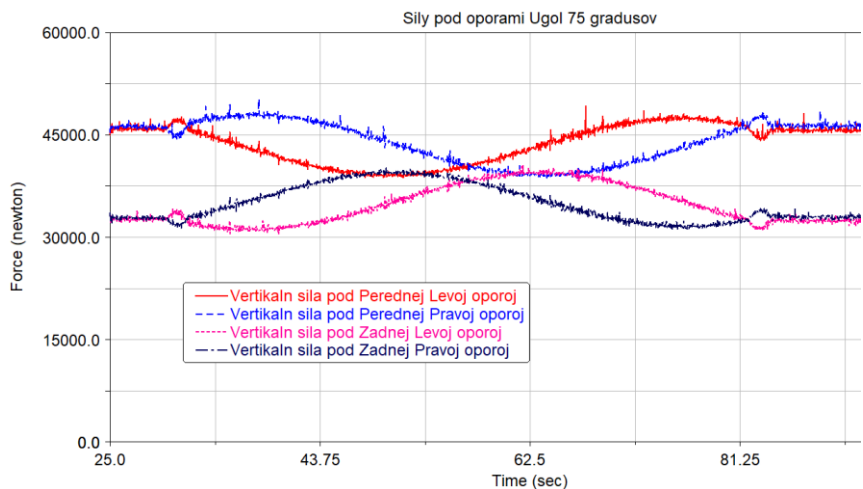


Рисунок 5 – Результаты моделирования при угле наклона лестницы 75°

Угол наклона лестницы – 48° (рисунок 6, 7).

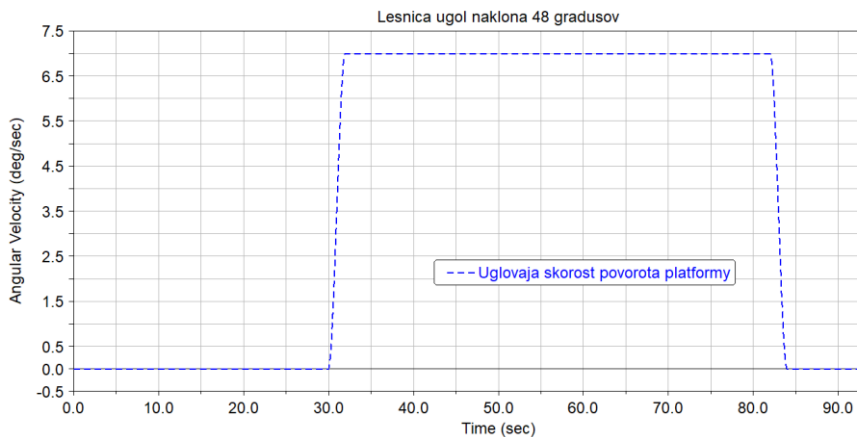


Рисунок 6 – Результаты моделирования при угле наклона лестницы 48°

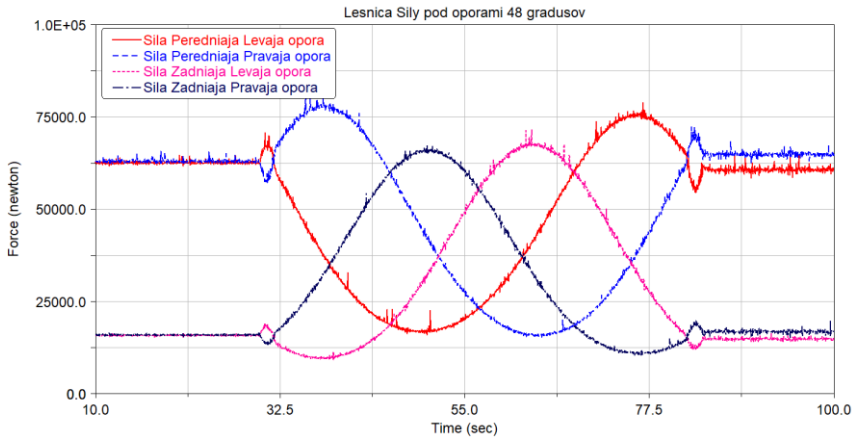


Рисунок 7 – Результаты моделирования при угле наклона лестницы 48°

Угол наклона лестницы – (-7°) (рисунок 8, 9).

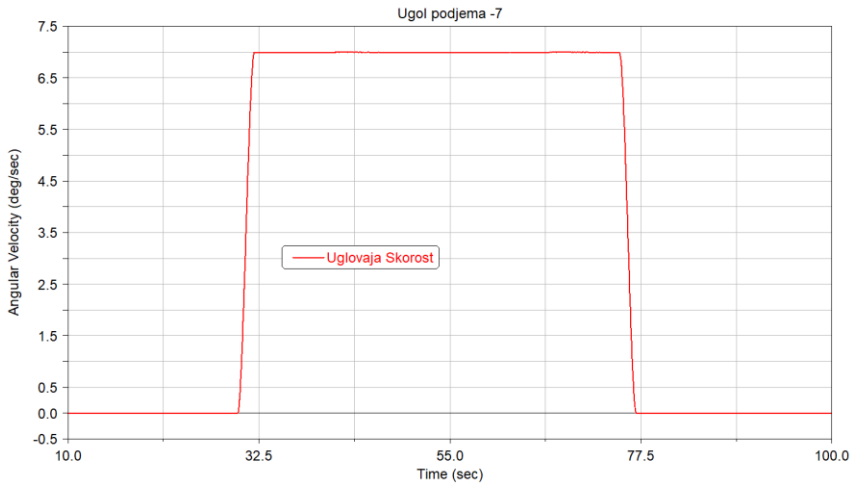


Рисунок 8 – Результаты моделирования при угле наклона лестницы -7°

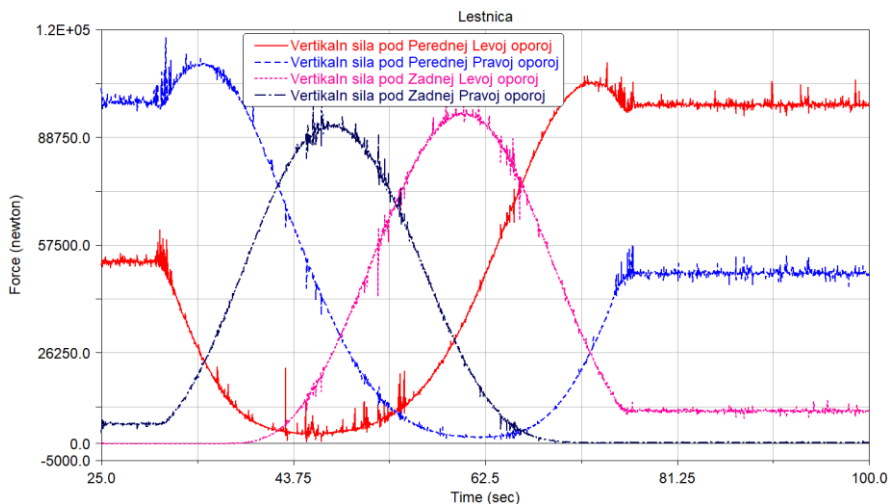


Рисунок 9 – Результаты моделирования при угле наклона лестницы -7°

Сводные данные результатов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов

№	Значения	Сила под опорами, Н				Коэффициент устойчивости
		Передняя правая	Передняя левая	Задняя правая	Задняя левая	
Угол наклона -7 градусов						
1	минимальные	1939	3117	109	0	1,6
2	максимальные	110310	104630	92431	98596	
Угол наклона 48 градусов						
3	минимальные	16002	16002	10483	9366	2,1
4	максимальные	78893	78893	67282	71552	
Угол наклона 75 градусов						
5	минимальные	38683	38788	31189	30532	2,8
6	максимальные	50357	49288	40181	40498	

Заключение

Анализ результатов расчетов показывает, что при статическом нагружении при угле наклона лестницы -7° происходит отрыв задней левой стойки в положении лестницы справа у кабины. В остальных положениях платформа сохраняет устойчивость.

При заданной скорости поворота платформы силы инерции не оказывают существенного влияния на величины вертикальных нагрузок на стойки. Так же незначительное влияние оказывает ветер с заданной скоростью 10 м/с.

Литература

1. Мелентьев, В. С. ADAMS/View, ADAMS/PostProcessor: Краткий справочник пользователя : учеб. пособие / В. С. Мелентьев, А. С. Гвоздев. – Самара : Изд-во Самар, гос. аэрокосм, ун-та, 2006. – 106 с.
2. Колесникович, А. Н. Виртуальные испытания транспортных средств на статическую устойчивость / А. Н. Колесникович, В. Б. Альгин, С. В. Харитончик // Повышение конкурентоспособности автотранспортных средств : сб. науч. тр. 2004. – С. 229–233.
3. Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 336 с.
4. Левковец, Л. Б., Тарасенков, П. В., Сокурченко, Ю. А. Autodesk Inventor. Базовый курс на примерах. – СПб : БХВ Петербург, 2008. – 400 с.
5. Погорелов, В. И. Система и ее жизненный цикл: введение в CALS-технологии: Учебное пособие. – СПб : Изд-во БГТУ «ВОЕНМЕХ», 2010. – 182 с.
6. Сережкин В.Н. О законах распределения временных характеристик оперативного реагирования пожарных подразделений / Пожарная аварийно-спасательная техника и оборудование для ликвидации чрезвычайных ситуаций : сб. материалов V международной заочной научно-практической конференции – Минск : УГЗ, 2019. – 100 с.
7. ГОСТ Р 52284-2004. Автолестницы пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний.
8. Моисеев, Ю. Н., Терехнев, В. В. Пожарная техника. Книга 2. Мобильные средства пожаротушения. Екатеринбург : Калан, 2015.

Статья поступила 25.11.2021