

Способ определения высоты опрокидывания автобуса для оценки прочности конструкции его кузова по правилам ЕЭК ООН №66

Б.Ю. Калмыков, И.Ю. Высоцкий, Н.А. Овчинников, С.В. Бочаров

ФГБОУ ВПО «Южно-Российский государственный университет экономики и сервиса»,
г. Шахты

Действующие в Российской Федерации законы направлены на защиту жизни и здоровья граждан. В этой связи научные исследования многих авторов, посвященные обоснованию параметров надежной и безопасной эксплуатации машин и механизмов на основе комплексного учета нагрузок и воздействий на них, являются актуальными [1-3].

23 сентября 2010 г. вступил в силу технический регламент «О безопасности колесных транспортных средств» [4], устанавливающий требования к безопасности колесных транспортных средств при их выпуске в обращение на территории Российской Федерации и эксплуатации независимо от места их изготовления в целях защиты жизни и здоровья граждан, охраны окружающей среды, защиты имущества физических и юридических лиц, государственного или муниципального имущества и предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей колесных транспортных средств.

Согласно проведенных ранее исследований [5], наиболее существенное влияние на внутреннюю пассивную безопасность автобуса оказывает «Прочность верхней части конструкции пассажирских транспортных средств». Оценка этого параметра осуществляется по Правилам ЕЭК ООН №66-00 [6].

Согласно Правил №66 автобус считается официально утвержденным, если его кузов имеет достаточную прочность для того, чтобы во время и после его испытаний или расчетов удовлетворялись следующие условия:

- ни один из сместившихся элементов кузова не заходил в остаточное пространство;
- ни одна из частей остаточного пространства не выступала за пределы кузова.

Для проверки данных требований используются несколько методов испытаний и расчетов:

- испытание комплектного транспортного средства на опрокидывание;
- испытание секции кузова на опрокидывание;
- испытание секции кузова на маятниковом копре;
- проверка верхней части конструкции кузова на прочность посредством расчетов.

Наиболее достоверными на сегодняшний день являются испытания комплектного транспортного средства на опрокидывание.

Перед проведением испытаний Правилами №66 регламентируются требования к положению транспортного средства на платформе. Это положение должно быть следующим (рис. 1):

- ось вращения параллельна продольной оси транспортного средства,
- ось вращения находилась на расстоянии 0-200 мм от вертикальной линии перепада между двумя плоскостями,
- ось вращения находилась на расстоянии 0-100 мм от боковины шины на наиболее длинной оси,
- ось вращения находилась на расстоянии 0-100 мм ниже горизонтальной исходной плоскости, на которую опираются шины,
- разница между высотой расположения горизонтальной исходной плоскости и горизонтальной нижней плоскости, на которой происходит удар, была не менее 0,8 м.

Одним из наиболее спорных моментов является последнее требование относительно разницы между высотами горизонтальной исходной и горизонтальной нижней плоскостями, т.е. высота опрокидывания автобуса.

Отсутствие четкого требования о том, с какой именно высоты необходимо опрокидывать пассажирское транспортное средство привело к тому, что все автобусы опрокидывают с высоты 0,805-0,81 м. При этом кузова больших автобусов вместимостью

≈ 50 мест практически не деформируются, а кузова автобусов вместимостью ≈ 20 мест испытывают значительные деформации. В сложившейся ситуации необходим единообразный подход, который позволит учитывать различные значения высоты расположения центра тяжести и габаритных размеров автобусов [7] (табл. 1). Для этого авторы предлагают проводить опрокидывание автобусов не с минимальной высоты приблизительно равной 0,8 м, а для каждой марки и модели автобуса определять высоту, с которой необходимо его опрокинуть. При расчете высоты опрокидывания автобуса предлагается учитывать соотношение высоты расположения центра тяжести и его габаритные размеры.

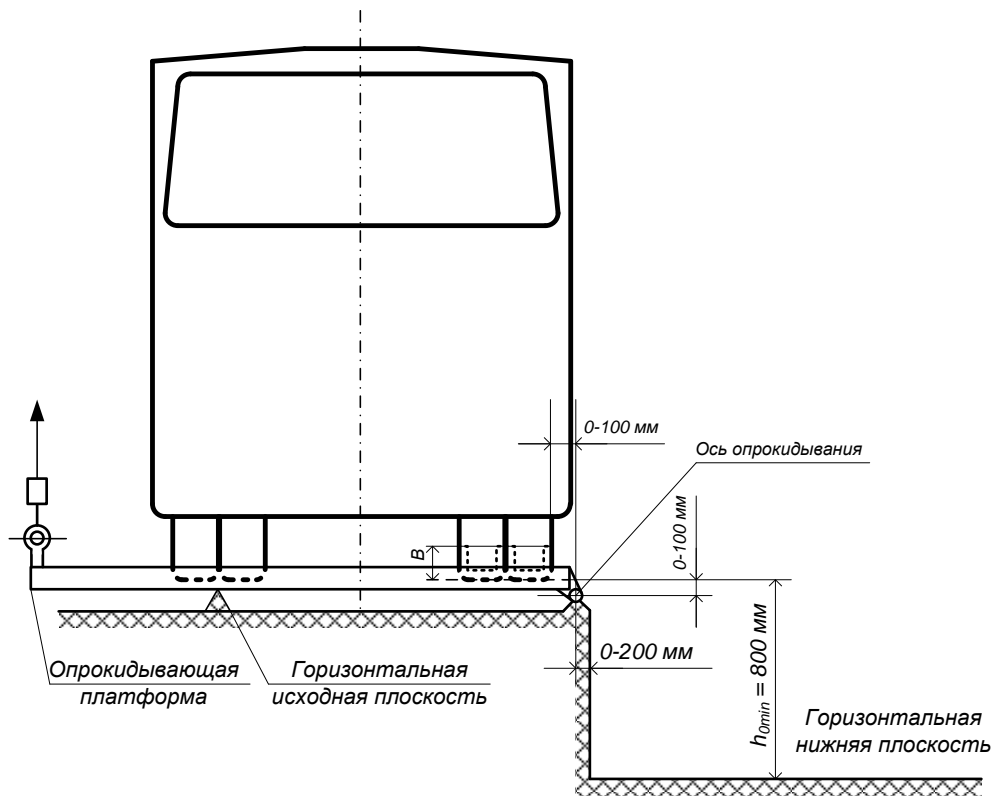


Рис. 1. Исходное положение автобуса при проведении испытаний

Диапазон, в котором может располагаться искомое значение высоты опрокидывания, колеблется от $h_{0min} = 0,8$ м до значения, например, габаритной высоты автобуса H , м (рис. 2).

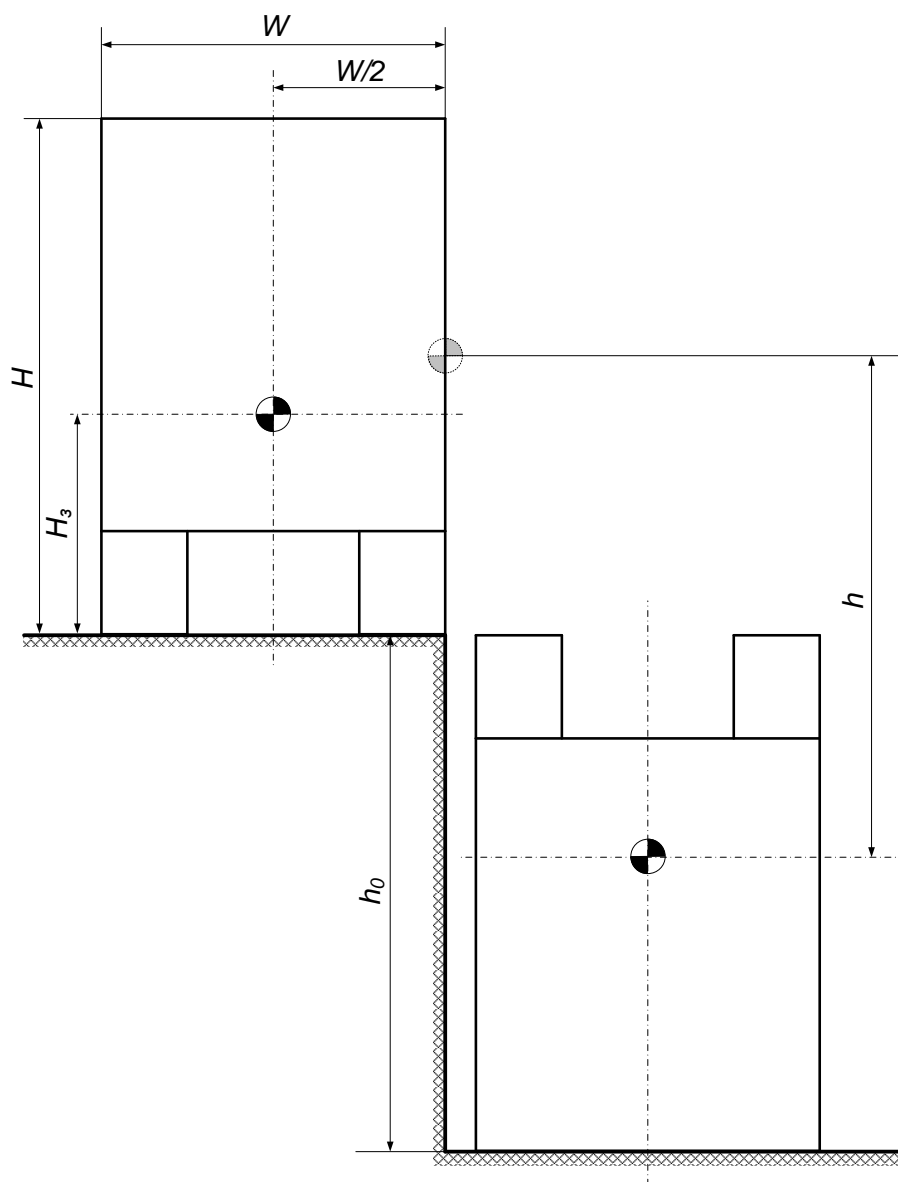


Рис. 2. Максимальная высота опрокидывания автобуса

В последнем случае при высоте опрокидывания $h_0 = H$, высота падения центра тяжести h , м, в момент касания крыши горизонтальной нижней плоскости будет определяться по формуле:

$$h = H_3 + \sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 + H_3^2}, \quad (1)$$

где H_3 – высота расположения центра тяжести автобуса;
 W – габаритная ширина автобуса.

Определим высоту опрокидывания для двух случаев расположения центра тяжести автобуса в момент касания крыши горизонтальной нижней плоскости.

I случай. Определение высоты опрокидывания автобуса при расположении центра тяжести в момент касания крыши горизонтальной нижней плоскости при условии, что через центр тяжести и точку касания крыши кузова автобуса можно провести вертикальную перпендикулярную плоскость (рис. 3).

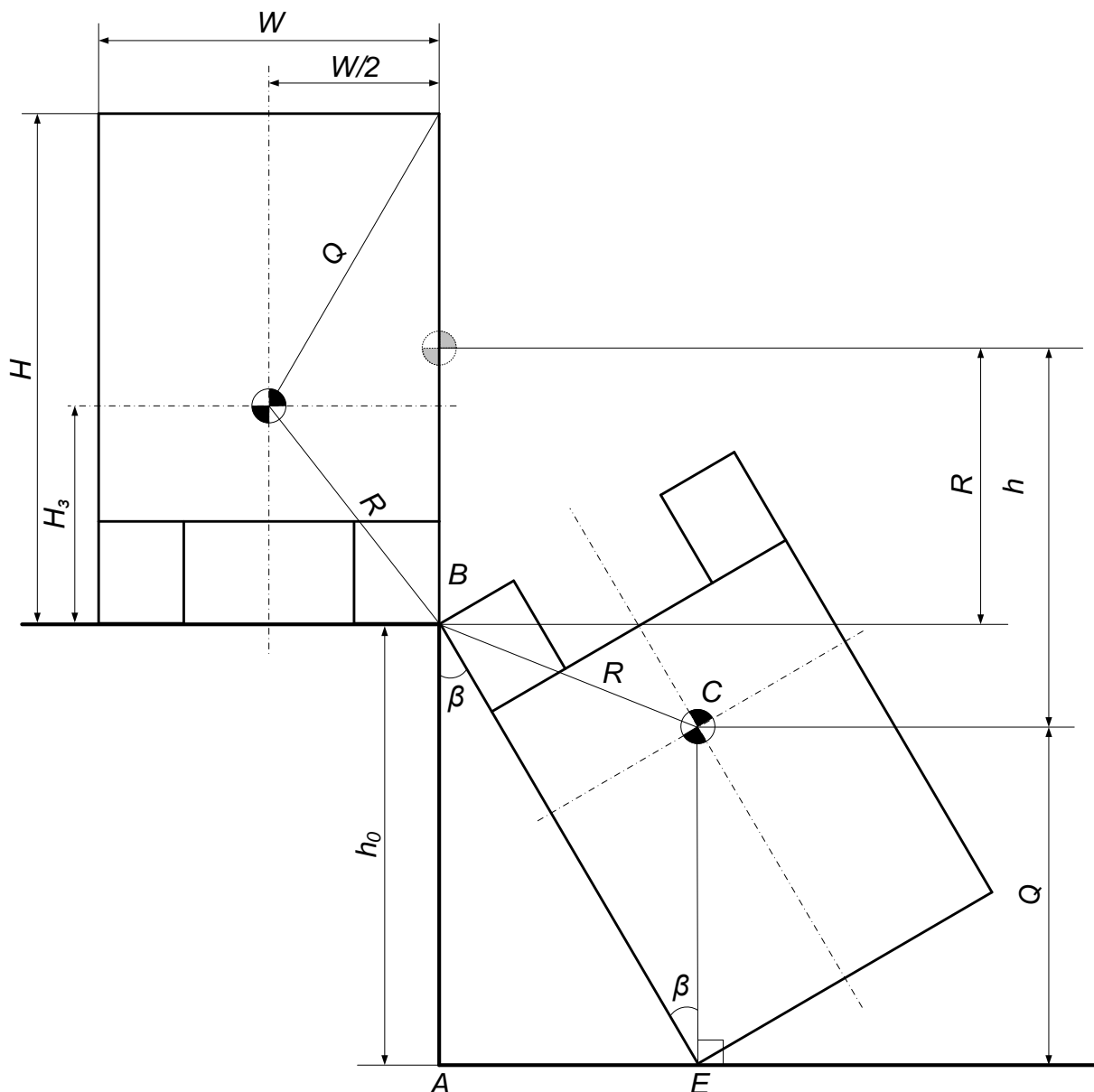


Рис. 3. Определение высоты опрокидывания автобуса для первого случая

Используя рисунок 3, можно установить, что высота опрокидывания h_0 , м, будет определяться по формуле:

$$h_0 = H \cdot \cos\left(\arctg \frac{W}{2(H - H_3)}\right), \quad (2)$$

При таком соотношении вектор силы тяжести направлен вертикально вниз.

Высота падения центра тяжести h , м, в момент касания крыши горизонтальной нижней плоскости для этого случая будет определяться по формуле:

$$h = \sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 + H_3^2} + h_0 - \sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 + (H - H_3)^2}, \quad (3)$$

II случай. Определение высоты опрокидывания автобуса при расположении центра тяжести в момент касания крыши горизонтальной нижней плоскости при условии, что через центр тяжести и ось вращения кузова автобуса можно провести плоскость параллельную горизонтальной нижней плоскости (рис.4).

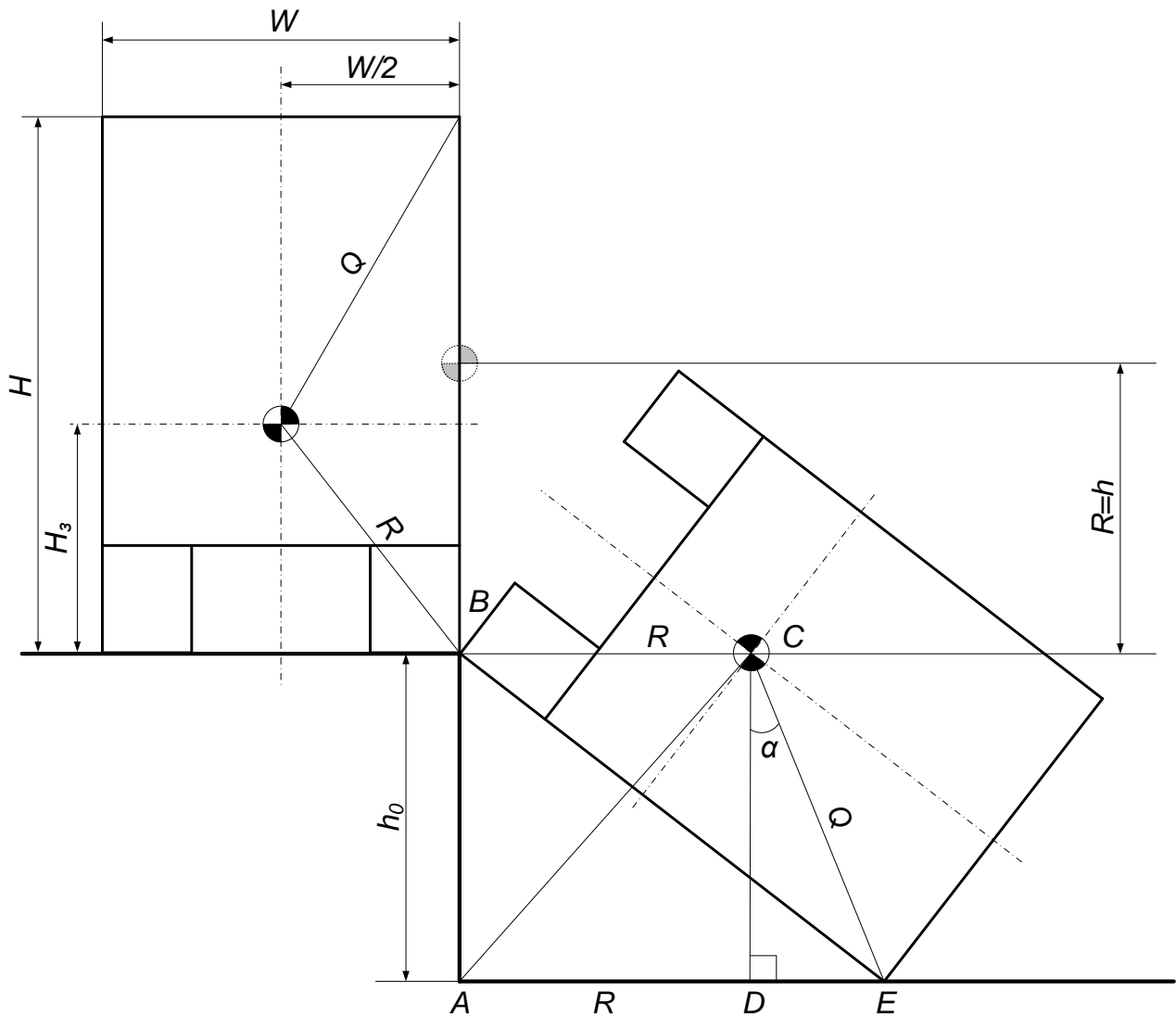


Рис. 4. Определение высоты опрокидывания автобуса для второго случая

Из рис. 4 можно определить, что высота опрокидывания h_0 , м, определяется по формуле:

$$h_0 = \sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 + (H - H_3)^2 \cdot \cos \beta}, \quad (4)$$

где угол β определяется по формуле:

$$\beta = \frac{H_3^2 + 2\left(\frac{W}{2}\right)^2 + (H - H_3)^2 - H}{\sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 + H_3^2} \cdot \sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 + (H - H_3)^2}} - \frac{\pi}{2}. \quad (5)$$

Высота падения центра тяжести h , м, в момент касания крыши горизонтальной нижней плоскости в этом случае определится по формуле:

$$h = \sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 + (H - H_3)^2}, \quad (6)$$

Таблица 1 – Технические характеристики и расчетные значения автобусов

Марка, тип автобуса	КаВЗ-3976	ПАЗ-3205	IKARUS-350.00	IKARUS-365.10	MERCEDES-BENZ O 302 V-8
Исходные данные					
Размеры, м:					
– габаритные:					
высота	3,03	2,95	3,37	3,47	3,14
ширина	2,38	2,5	2,5	2,5	2,5
– высота расположения центра тяжести	0,99	0,9	1,2	1,3	1,24
Расчетные значения					
Высота опрокидывания, рассчитанная по I случаю	2,62	2,52	2,92	3,0	2,62
Высота опрокидывания, рассчитанная по II случаю	2,33	2,39	2,43	2,41	2,23
Разность высот опрокидывания	0,29	0,13	0,49	0,59	0,39
Скорректированная высота опрокидывания	1,09	0,93	1,29	1,39	1,19

Рассмотрим разность значений высот полученных по формулам (2) и (4):

$$\Delta h = H \cdot \cos\left(\arctg \frac{W}{2(H - H_3)}\right) - \sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 + (H - H_3)^2} \times$$

$$\times \sin\left(\frac{H_3^2 + 2\left(\frac{W}{2}\right)^2 + (H - H_3)^2 - H}{\sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 + H_3^2} \cdot \sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 + (H - H_3)^2}}\right). \quad (7)$$

Полученная по формуле (7) разность высот является искомой функцией $f(H, W, H_3)$, зависящей от габаритных размеров автобуса и высоты расположения его центра тяжести. Результаты расчетов по формуле (7) для рассматриваемых марок и моделей автобусов приведены в таблице 1.

Для определения высоты опрокидывания автобуса при оценке прочности конструкции его кузова предлагается воспользоваться формулой:

$$h_0 = h_{0min} + \Delta h, \quad (8)$$

где $h_{0min} = 0,8$ м – минимальная высота опрокидывания автобуса.

Результаты расчетов по формуле (8) также представлены в таблице 1.

На диаграмме, приведенной на рисунке 5, представлены расчетные значения скорректированной высоты опрокидывания для рассматриваемых марок и моделей автобусов и способ ее формирования.

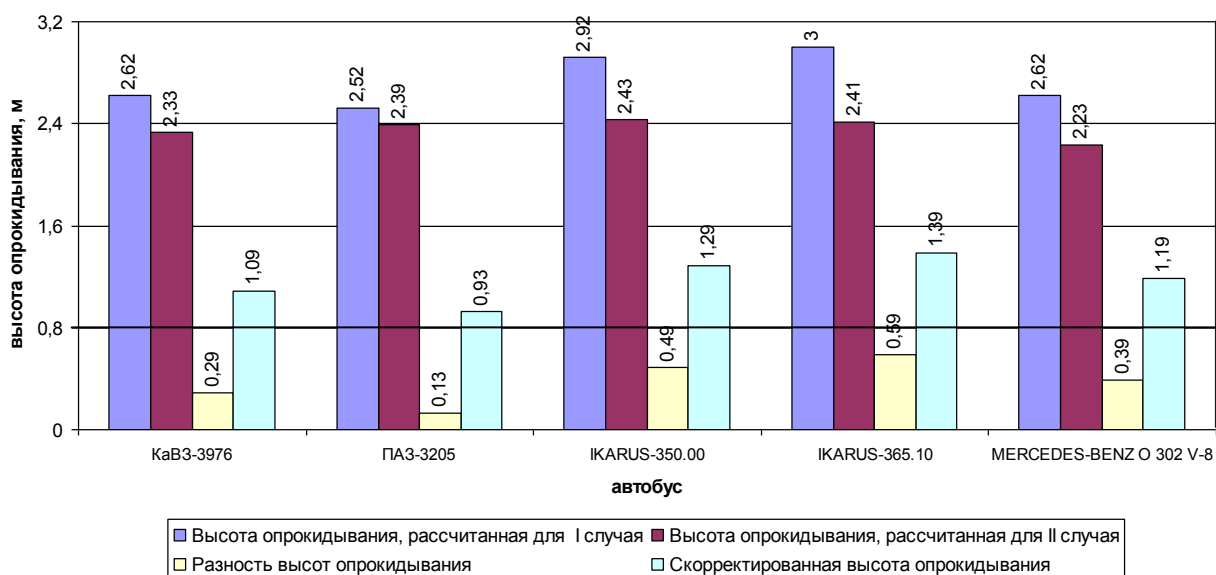


Рис.5. Формирование скорректированной высоты опрокидывания автобусов

В результате проведенной работы предлагается внести изменения в порядок оценки прочности верхней части конструкции кузова автобуса. В частности для приведения к оптимальному значению высоты опрокидывания автобусов с различными габаритными размерами и получению более достоверной информации о прочности их кузовов предлагается ввести дополнительный этап перед установкой транспортного средства на опрокидывающую платформу.

Этот этап необходим для определения высоты, с которой будет опрокидываться автобус. Предлагаемая формула для определения высоты опрокидывания автобуса включает основные параметры, оказывающие влияние на прочность кузова, выглядит следующим образом:

$$h_0 = h_{0min} + H \cdot \cos\left(\arctg \frac{W}{2(H - H_3)}\right) - \sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 + (H - H_3)^2} \times \sin\left(\frac{H_3^2 + 2\left(\frac{W}{2}\right)^2 + (H - H_3)^2 - H}{\sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 + H_3^2} \cdot \sqrt{\left(\frac{W}{2}\right)^2 + (H - H_3)^2}}\right)$$

После чего корректируется положение транспортного средства на опрокидывающей платформе. При этом испытательным лабораториям (центрам), имеющим соответствующую аккредитацию, необходимо разработать конструкцию опрокидывающей платформы, регулируемой по высоте относительно нижней горизонтальной плоскости.

Остальные этапы оценки прочности кузова автобуса остаются без изменений.

Литература:

1. Ягодкин Ф.И., Прокопов А.Ю. Влияние диссипативных сил на формирование вертикальной нагрузки на проводники / Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – №11. – С. 373–378.
2. Прокопов А.Ю. Исследование дополнительных нагрузок на армировку, возникающих вследствие кручения подъемных канатов / Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – №11. – С. 387–391.

3. Плешко М.С. Перспективы развития промышленности бетона и железобетона/ Механизация, автоматизация и электрификация горного и строительного производства, сервис технологических машин и оборудования: сб. науч. тр. / Шахтинский ин-т ЮРГТУ (НПИ). – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2005. – С. 163-169.

4. Постановление Правительства Российской Федерации от 10 сентября 2009 г. №720 «Об утверждении технического регламента о безопасности колесных транспортных средств» / Российская газета: сетевая версия. 2010. URL: <http://www.rg.ru/2009/09/23/avto-reglament-dok.html> (дата обращения 15.01.2010).

5. Калмыков Б.Ю., Высоцкий И.Ю., Овчинников Н.А. Предложения по оценке прочности конструкции пассажирских транспортных средств / Инженерный Вестник Дона [Электронный ресурс]. – Ростов-на-Дону: Ростовское региональное отделение Российской Инженерной Академии – №2, 2012. – Шифр Информрегистра: 0421100096. – URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/latest/n2y2012/765/> – 7 с.

6. ГОСТ Р 41.66-00 (Правила ЕЭК ООН № 66) Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения крупногабаритных пассажирских транспортных средств в отношении прочности верхней части конструкции. – Введ. 26 мая 1999 № 184-ст. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000. – 19 с.: ил.).

7. Краткий автомобильный справочник / А.Н. Позин, Ю.М. Власко, М.Б. Ляликов и др. – М.: АО «ТРАНСКОСАЛТИНГ», НИИАТ, 1994. – 779 с.