

УДК 621.113

Н.Т. Лозовский, Г.В. Борисов, Н.А. Кузьмин

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ КАБИН ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Обеспечение долговечности автомобилей является актуальной технической задачей. Для её решения необходим комплексный подход при изучении динамических явлений, происходящих в автомобиле при движении по дорогам. Причём необходимо учитывать взаимодействие элементов автомобиля как между собой, так и влияние на них внешней среды. В несущей части автомобиля возникают изгибающие, скручивающие, сдвигающие и другие усилия. Однако не всегда это учитывается. Учитывая это, крепление кабины на раме грузовика должно быть достаточно эластичным. Но не всегда это принимают во внимание. В результате и в раме и в кабине возникают перегрузки, приводящие к возникновению неисправностей. Ниже рассмотрено взаимодействие кабины или кузова с рамой грузового автомобиля при его движении, частично указаны силы, действующие в указанных элементах автомобиля, рассмотрена динамика их взаимодействия. Даны рекомендации по разработке соединений кабины с рамой и их характеристики. Эти материалы могут быть полезными для специалистов занимающихся конструированием и эксплуатацией автомобильного транспорта, а так же для учащихся и студентов вузов соответствующего профиля.

Ключевые слова: техническая эксплуатация автомобилей, безотказность, долговечность, надежность.

Автомобиль является сложной мобильной системой. Для обеспечения достаточной его долговечности необходим комплексный подход при изучении динамических явлений, происходящих в нём при движении по дорогам. Причём необходимо учитывать взаимодействие элементов автомобиля как между собой, так и влияние на них внешней среды. Автомобиль работает в сложных дорожных условиях, ему приходится двигаться по дорогам различного качества, преодолевать всевозможные неровности, препятствия. При движении автомобиля положение колес относительно корпуса постоянно меняется. В несущей части автомобиля возникают изгибающие, скручивающие, сдвигающие и другие усилия. Однако не всегда это учитывается. Для ряда агрегатов лучше, чтобы несущая система автомобиля была бы жесткой, но это приведет к увеличению веса, повышению стоимости, снижению проходимости и т.д. Поэтому у современных автомобилей несущую систему делают относительно гибкой. Учитывая это, крепление кабины на раме грузовика должно быть достаточно эластичным. Но не всегда это принимают во внимание. В результате и в раме и в кабине возникают перегрузки, приводящие к возникновению неисправностей. Указанное соединение должно выполняться так, чтобы было возможно ограниченно-относительное движение между кабиной или корпусом и рамой шасси автомобиля, причем силы искривлений и толчки, передающиеся от рамы шасси к кабине или кузову, смонтированным на ней, должны поглощаться или сводиться к минимуму. Увеличение нагрузок на все конструкционные элементы автомобилей влечёт за собой снижение их средней наработки на отказ, что, в свою очередь влияет на показатели ТЭА. Так, при изменении средней наработки на отказ агрегата изменится вид зависимости плотности вероятности отказа от наработки как агрегата, так и всего автомобиля.

Современные грузовые автомобили имеют кабину, расположенную непосредственно около платформы для перевозки грузов и независимо и отдельно установленную относительно неё. Платформа имеет тенденцию укреплять заднюю часть рамы, причём может происходить прогиб рамы под воздействием ударов в промежуточной части между передними и задними колесами или рядом с задней стенкой кабины. Однако желательно равномерное распределение нагрузки по всему лонжерону.

Экспериментальные данные показывают, что среднее количество циклов закручивания рам на каждый километр пробега составляет 100 циклов, а углы закручивания имеют следующие величины (табл. 1).

Таблица 1
Углы закручивания рам автомобилей

№	Дорога	среднее значе-	максимальное
1	Грунтовая	3,5	7,52
2	с покрытием:		
	– булыжным	1,5	3,22
	–асфальтовым	I	2,145

При движении автомобиля в шасси возникают шум и вибрация. Кузов необходимо от них изолировать, так как они вызывают напряжения в кузове и дискомфорт пассажиров. Установлено, что при определенных скоростях движения кабина водителя подвергается вибрациям в продольном направлении (вперед-назад) относительно рамы автомобиля, причиняя излишние нагрузки пассажирам, особенно на мозговую и кишечную области. Это неприятное явление, которое можно назвать "автомобильной качкой", происходит в пределах средних скоростей (40-60 км/час). Оно может быть и при эластичной подвеске кабины на шасси и стать особенно неприятным в длительных поездках по прямым, ровным дорогам с хорошей поверхностью. "Автомобильная качка" возникает из-за вибрации рамы автомобиля как свободно лежащей балки, на которую действуют периодические силы, возбуждаемые во время движения незначительными дефектами ходового колеса либо неровностями дороги.

Рассмотрим влияние крепления кабины или кузова на раме (основной несущий элемент) грузового автомобиля на его долговечность. Исследования показали, что в ряде случаев усталостные разрушения у кабин происходят в стыковочных узлах и местах крепления к несущей системе автомобиля. Соответствующие испытания были проведены для грузовых автомобилей Горьковского и Уральского автозаводов. далее приведены наиболее характерные результаты для базовых моделей. Например, для «ГАЗ – 3307» перемещения передних точек крепления кабины составляли в среднем 20мм. А максимальные 44 мм. Возникающие при этом напряжения в полу кабины в зоне передних точек её крепления доходили до 38000 Н/см², а в зоне задних точек крепления – до 14000 Н/см², в стойке переднего окна кабины – до 11000 Н/см². Для автомобиля «Урал – 4341» максимальные напряжения появлялись в заднем усилителе пола кабины при движении по бездорожью (10700 Н/см²) и при переезде через кювет (16700 Н/см²). Значительные напряжения так же были зафиксированы в стойках переднего окна кабины (до 7800 Н/см²). Для этих режимов движения характерны значительные перекосы рамы автомобиля. Кроме того, согласно экспериментальным данным, в некоторых узлах кабины возникают остаточные напряжения от штамповки и сварки её элементов (до 9000 Н/см²), что также отрицательно сказывается на долговечности кабины. Предельное состояние кабин возникало при пробеге менее 100 тыс. км.

Большие напряжения объясняются тем, что серийное крепление кабины не обеспечивало достаточной компенсации перекоса рамы автомобиля. После изменения конструкции и параметров крепления кабин, с учётом основных действующих факторов, их долговечность возросла более чем в 10 раз. На основе проведённых исследований были даны рекомендации для разработки перспективных моделей автомобилей.

Тип крепления кабины также влияет на ускорения, возникающие в ней, поэтому надо следить за тем, чтобы амплитудно-частотные характеристики колебаний кабины находились в комфортной зоне для человека. Всё вышесказанное относится и к другим кузовным конструкциям (фургоны, цистерны, грузовые платформы и пр.).

Рассмотрим поведение кабины и рамы во время движения автомобиля. Предположим, что кабина (рис. 1, а) закреплена на раме в четырех точках (передние 1 и 8 жесткие). Точки крепления расположены над рамой. Кабина 14 расположена так, что ее продольная ось 6 лежит в одной вертикальной плоскости с осью 10 рамы шасси 7. Предположим, что автомобиль

наехал правым колесом на препятствие, тогда лонжерон 9 смещается вперед, а передний край лонжерона 11 – вертикально вверх. Лонжероны вращаются в противоположных направлениях в вертикальных плоскостях от поперечной оси 17 рамы (рис. 1, б), расположенной в вертикальной плоскости, содержащей болты 19. Ввиду того, что в передних точках 1 и 8 кабина прикреплена жестко к лонжеронам 11 и 9, передний конец кабины 14 вынужден двигаться в унисон с лонжеронами. Поперечная ось 2 также перпендикулярна к оси 10 рамы шасси, как видно из рисунка. Благодаря расстоянию по вертикали между болтами 19 и поперечной осью 2 рамы, вращательные движения лонжеронов 11 и 9 побуждают продольную ось 26 болта 19 вместе с лонжероном 9 занять наклонное положение, указанное на рис. 2. Продольная ось другого болта 19 вместе с лонжероном 11 наклонится в противоположную сторону, и линия, проведенная через головки болтов 19, займет положение 3 (рис. 1, а). Линия 3 изображает положение продольной оси передней поперечины кабины 14, когда лонжероны 9 и 11 вращаются вокруг поперечной оси, как описано. Таким образом, задняя поперечина кабины должна колебаться вокруг оси 18 относительно рамы 7 шасси, ось которой 18 перпендикулярна к поперечной оси 2 и пересекает ее под тем же углом, как и передняя поперечина кабины, для того чтобы предотвратить сильные перекосы металлических конструкций, связывающих поперечины 27 и 28 кабины 14. Продольная ось задней поперечины 28, которая в спокойном состоянии располагается поперек рамы 7 шасси и обозначена 4, займет положение линии 5. Когда лонжероны 9 и 11 вращаются вокруг оси 10, как описано ранее, лонжерон 11 в зоне задней поперечины кабины смещается вертикально вверх. Поперечная линия 21 (рис. 1, в), расположенная посередине между полками лонжеронов 9 и 11, занимает положение линии 20. Соответственно перпендикуляр 23 к линии займет положение 22. Если сзади кабина закреплена жестко в двух точках на раме, задняя поперечина кабины будет стремиться следовать за рамой и кабину перекосит, что вызовет напряжения в элементах кабины, а точки крепления будут выворачивать.

Таким образом, при наезде автомобиля на препятствие лонжероны вращаются, как описано ранее, правый лонжерон в зоне задней поперечины кабины смещается вертикально вверх. Поперечная линия, расположенная посередине между полками лонжеронов, повернется влево. Соответственно повернутся задние крепления кабины. Если сзади кабина закреплена жестко в двух точках на раме, задняя поперечина кабины будет стремиться следовать за рамой и кабину перекосит, что вызовет напряжения в элементах кабины, а точки крепления будут выворачивать.

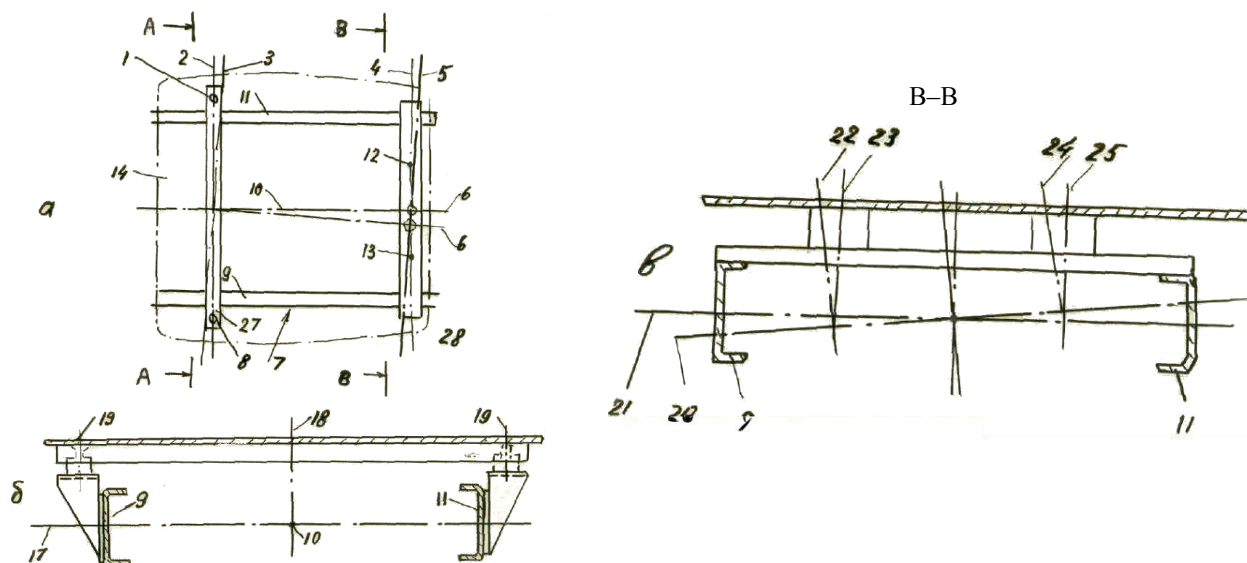


Рис. 1. Схема взаимодействия кабины с рамой

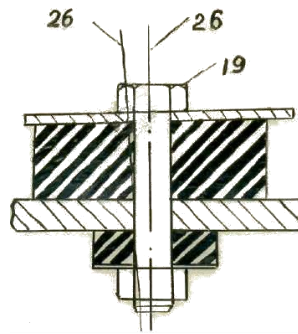


Рис. 2. Положения переднего болта крепления

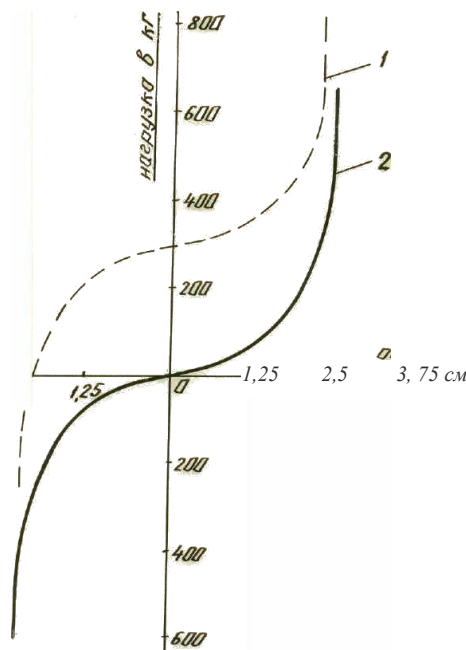


Рис. 3. Характеристика упругого элемента:

1 – в свободном состоянии, 2 – при нагрузке 3000 кН

Для поглощения "автомобильной качки" можно использовать упругие элементы с «гасящей» характеристикой. Элемент должен иметь очень низкий модуль упругости в условиях статической нагрузки, т.е. быть очень мягким для малых изгибов и малых дорожных сотрясений. Ноль должен быть условием статической нагрузки. Опыты, проведенные с эластичными соединениями кабин с шасси, подвергающимся встряскам и изгибам на неровной дороге, показали, что желательна крутая характеристика жесткости элемента с ограничителем перегрузки и значительные свободные отдачи.

Можно сделать элемент подвески кабины, в котором объединены амортизатор с упругим элементом. Упругий элемент может быть с симметричной и несимметричной характеристиками. Последний можно использовать для выравнивания нагрузок, действующих с разных сторон.

Всё сказанное особенно важно для кабин, расположенным над двигателем. Для них конструкция крепления кабины существенно усложняется. На рис. 4 показано устройство для откидывающейся, расположенной над двигателем, кабины, в которой задняя балка кабины соединена с кронштейнами рамы тягами, шарнирно закреплёнными одним концом на кронштейнах, а другим – на балке. Благодаря этому напряжения в кабине при скручивании рамы уменьшаются, так как это устройство позволяет сохранять положение кабины неизменным относительно жестких передних опор и не передавать на нее скручивающие усилия

от рамы. С целью гашения колебаний шарниры тяг снабжены упругим элементом, работающим на кручение. Пунктир изображает устройство при скручивании рамы. У кабин, расположенных над двигателем, задняя часть находится высоко над рамой, поэтому возникают большие поперечные перемещения кабины при кручении рамы.

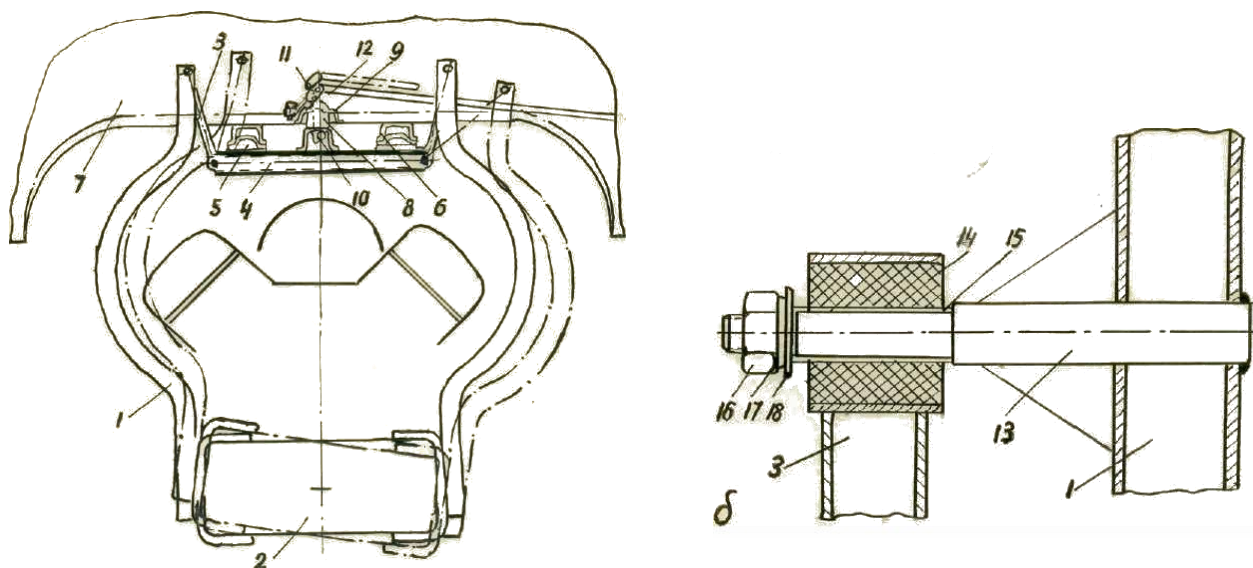


Рис. 4. Подвеска для откидывающейся кабины

Кронштейны 1 одним концом жестко закреплены на раме 2, а другим шарнирно соединены с тягами 3. Другой конец тяги шарнирно соединен с поперечно расположенной балкой 4, снабженной опорами крепления кабины. Опоры выполнены в виде резино-металлических подушек 5, входящих в гнезда скоб 6 кабины 7. Точность посадки кабины обеспечивается с помощью конусного штыря 8, закрепленного на балке 4 и входящего при опускании кабины в паз на центральном кронштейне 9 кабины. Кабина подтягивается к балке крюком 10 через кулачки 11, приводимые в действие от тяги 12. Шарнир крепления тяги (рис. 4, б) состоит из жестко закрепленной на кронштейне рамы оси 13, связанной с тягой 3 через упругий элемент 14. В резиновую втулку 14 завулканизирована металлическая втулка 15, крепящаяся жестко на оси 13. Роль упругого элемента может выполнять торсионный вал. Для неоткидывающейся кабины устройство аналогично.

Выводы

1. Кабина должна иметь жёсткость, обеспечивающую комфортное управление автомобилем.
2. Подвеска (крепление) кабины должна сводить к минимуму негативное влияние рамы (несущей системы) автомобиля.
3. Конструкция и материалы элементов крепления кабины должны обеспечивать их достаточную долговечность.
4. Остаточные напряжения, возникающие в элементах кабины при формовке и сварке, должны быть значительно меньше напряжений, возникающих при динамических нагрузках.
5. Подвеска (крепление) кабины должна гасить излишнюю деформацию и неблагоприятные колебания несущей системы автомобиля.

Библиографический список

1. **Кравец, В.Н.** Теория автомобиля. / В.Н. Кравец, В.В. Селифонов. – М.: Гринлайн, 2011. – 884 с.
2. **Кузьмин, Н.А.** Техническая эксплуатация автомобилей: закономерности изменения работоспособности: учеб. пособие / Н.А. Кузьмин. – М.: ФОРУМ, 2011. – 208 с.

3. **Светлицкий, В.А.** Случайные колебания механических систем / В.Ф. Светлицкий. – М.: Машиностроение, 1991. – 318 с.
4. **Бойцов, Б.В.** Прогнозирование долговечности напряжённых конструкций / Б.В. Бойцов. – М.: Машиностроение, 1985. – 231 с.
5. **Потураев, В.Н.** Резиновые и резино-металлические детали машин / В.Н. Потураев. – М.: Машиностроение, 1966. – 340 с.

*Дата поступления
в редакцию 01.10.2013*

N.T. Lozovskiy, G.V. Borisov, N.A. Kuzmin

OPERATIONAL DURABILITY OF TRUCK CABS

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

Purpose: Ensuring the durability of the vehicles is an actual technical task. Design and cab to the chassis has an important role for the durability of the car, so the development of rational methods of attaching the cab to the frame increases the durability of the vehicle.

Design/methodology/approach: To solve that one complex approach is necessary to the study of dynamic phenomena occurring in the car when driving on the roads. Moreover, it is necessary to consider the interaction of the elements of the car, both among themselves and the impact of the external environment. In the carrier of the car there are bending, twisting, shearing and other efforts. However, this is not always taken into account. Given this, the cab on the frame of the truck must be sufficiently elastic. But this is not always taken into account. As a result, in the frame and cab overload occur, leading to malfunctions.

Findings: Below are the interaction of a cabin or body frame of the truck when it is in motion, partly are the forces acting in the above-mentioned elements of the car, the dynamics of their interactions. Recommendations for the development of compounds cabin with frame and their characteristics.

Research limitations/implication: The proposed recommendations for cab suspension applies to "GAS" and "Ural" trucks.

Originality/value: These materials may be useful for specialists dealing with the construction and operation of motor transport, and as for students of corresponding profile.

Key words: technical operation of cars, non-failure operation, durability, reliability.