

*Давлятов У.Р., Акматбеков Б.М.***ЖУК ТАШУУЧУ АВТОУНААЛАРДЫН ТООЛУУ ШАРТТАРДАГЫ  
КЫЙМЫЛ ПРОЦЕССИН ЭСЕПТӨӨ ЫКМАСЫ***Давлятов У.Р., Акматбеков Б.М.***МЕТОД РАСЧЕТА ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ  
В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ***U.R. Davlyatov, B.M. Akmatbekov***METHOD OF CALCULATING THE MOVEMENT OF TRUCKS  
IN THE MOUNTAINS**

УДК: 623.437.442: 625.711.812

Бул макалада жук ташуучу автоунаалардын тоолуу шарттардагы кыймыл процессин эсептөө ыкмасы талданган. Эсептөө ыкмасы тоо шарттарындагы кыймылдын жук ташуучу автоунаанын кыймылына таасир кылуучу жана тоскоолдук жаратуучу күчтөрдүн баардыгы каралып, талданган. Бул эсептер Кыргыз Республикасынын аймагында иштеп жаткан жук ташуучу шиканаларга кызыгы бар болот. Макалада тоолуу аймактагы шарттар жол кыймылына кандайча таасир этери каралып, кооптуу факторлор жазылган. Тормозду тез-тез тээп көп убакыт колдонгондо катуу ылдыйышта тормоздук барабандар кызып тез жешилип, алардын жабышуу сапаты начарлап тормоздук системанын эффективдүүлүгү төмөндөйт. Ошондуктан изилдөөлөрдү өткөргөндө тормоздун ысыганын изилдөө үчүн трассанын бийик тоолуу участоктору тандалып алынган.

**Негизги сөздөр:** транспорт каражаттары, жук ташуучу автоунаа, тоолуу аймак, эсептөө ыкмасы, климаттык шарттар, ылдамдык, ашуу.

В этой статье исследован метод расчета процесса движения грузовых автомобилей в горных условиях. В методе расчета учтены все факторы, которые влияют на движение грузового автомобиля в горных условиях. Данные расчеты представляют интерес для предприятий занимающиеся грузовыми перевозками в Кыргызстане. В статье изучаются горные условия Кыргызстана для автомобильных перевозок, также риски при движении автомобилей в высокогорных перевалах. Так, как наша страна является одним из самых высокогорных на территории СНГ, статья будет актуальной для условий Кыргызской Республики. При частом и длительном пользовании тормозами автомобиля на крутых спусках имеет место интенсивный нагрев тормозных барабанов и тормозных накладок, что вызывает ухудшение их фрикционных качеств и значительное снижение эффективности всей тормозной системы. Для проведения исследования температурной нагруженности тормозов были выбраны трассы с наиболее характерными перевальными участками.

**Ключевые слова:** грузовой автомобиль, горные условия, метод расчета движения, параметры движения, природные условия, высокогорье, грузовые перевозки, скорость движения, подъем, спуск.

This article describes investigated method of calculation truck movement process in mountain conditions. In the method calculation take into account all factors, which influence movement trucks in mountain conditions. This article examines mountain conditions Kyrgyzstan for road transportation, as well as risks when a vehicle travels at moderated in high mountain regions. This article will be a pressing concern for Kyrgyz Republic. With frequent and long-term use of car brakes on steep descents, there is an intense heating of brake drums and brake linings, which causes a deterioration in their friction qualities and a significant decrease in the efficiency of the entire brake system. For studies of the temperature load of the brakes, the tracks with the most characteristic crossing sections were chosen.

**Key words:** truck, mountain conditions, method of motion calculation, movement parameters, natural conditions, high mountains, cargo transportation, speed of movement, ascent, descent.

Кыргызская Республика является высокогорной страной. Горы занимают более 70 процентов территории страны. Почти все автомобильные дороги республики проходят через высокогорные ущелья, перевалы и возвышенности. Лишь северная часть Чуйской области расположена на равнинной местности. Связывающий южную часть страны со столицей и севером автомобильная дорога стратегического значения “Север-Юг” проходит через перевал Тоо-Ашуу. Перевал достигает высоты 4000 метров над уровнем моря и является для водителей грузовых автомобилей сложнейшим участком дороги. Нередко на высокогорных участках дорог Кыргызстана происходят дорожно-транспортные происшествия и выход из строя автомобилей. Подобного рода рельеф оказывает влияние на движение любого типа автомобилей, будь-то грузовой или легковой. Часто с плохой видимостью местности, поворотами малых радиусов, крутые уклоны на длинно протяженных трассах влияют на водителей, вынуждая менять режимы скоростей движения транспорта, в последствии часто ведет к возникновению аварийных ситуаций на этих участках, более быстрому изнашиванию тормозной системы автомобилей и дорожно-транспортным происшествиям.

Больше всех влияет на процесс движения, скорость и безопасность автомобилей горных дорог автотрассы с большим количеством поворотов с малыми отрезками и с крутыми углами поворота, число которых может быть 8-12 на 1 км.

Фактически режим движения авто по дороге определяется эксплуатационными свойствами авто, дорожными условиями и индивидуальными возможностями водителей. Грузовой автомобиль при движении в горных условиях испытывает сложную систему перемещений: поступательное движение на прямой дороге, движение вращением вокруг своей вертикальной оси при движении на кривых отрезках дорог, колебание в продольной и поперечных направлениях при движении колес по неровностям покрытия. Движение в горных условиях состоит из множества спусков и подъемов. При подъемах нагрузка на автомобиль и сопротивление движению увеличивается пропорционально крутизне (угол подъема) и длительности подъема.

Протяжённость международной автомобильной дороги Ош - Хорог составляет 728 км. Автотрасса проходит через горную систему Памира через следующие перевалы: Заалайский Алайский, Алинурский, Талдык, Кызыл-Арт и другие. 232 км протяженности этой дороги проложена по территории нашей страны и 496 км проходит по горным регионам соседнего Таджикистана. На этой трассе условия эксплуатации грузовых автомобилей широко разнообразны.

Проезжающий через эту трассу автомобиль в течение одного же пути может пересечь разные климатические зоны, на своём пути, может встретить высокие температуры и низкие температуры, низкую плотность воздуха, кислородную нехватку и повышенную радиацию исходящая от солнечных лучей.

Десять высокогорных перевалов находятся на данной трассе, из которых в Кыргызской Республике самым высоким – это Акбайтал. Он находится на высоте 4800 метров над уровнем моря. Основные перевалы дороги Ош – Хорог с характеристикой приведены в таблице 1.

Движение автомобильного грузового транспорта осуществляется по итогам общей суммы действий сил, движущих транспорт, и сил которые действуют против – сопротивление движению. Самой главной силой которая двигает автомобиль, является сила тяги, возникающая в двигателе внутреннего сгорания ведущим к колесам, также после взаимодействия ведущих колес с покрытием. В процессе движения автомобиля действуют силы сопротивление воздуха, сопротивления движению на подъеме, сопротивление качению колес, силы инерции самого автомобиля. Некоторые силы всегда действуют на движущийся автомобиль, это сила сопротивления качению и воздушной среде. На автодорогах высокогорных регионов регулярно встречаются крутые подъемы, спуски, подъемы, спуски с поворотом. Уклоном  $i$  обозначают крутизну, то есть угол подъемов.

Таблица 1

Характеристика основных перевалов дороги Ош - Хорог

№ п/п	Наименование перевалов	Средняя высота перевалов	Протяженность, км		Суммарный путь движения автомобиля на передачах, км (подъем/спуск)				
			подъём	спуск	I	II	III	IV	V
1.	Чигирчик	2300	4	18		2,9/0	1,0/8,0	0,1/5,0	-5
2.	Талдык	3325	7	12	0,5/0	6,3/0,2	0,2/1,0	0/5,4	0/5,4
3.	Кызыл арт	4100	4	21	1,8/0	1,7/0	0,5/2	0/10	0/9
4.	Акбайтал	4420	7	28	2/0	4/0	1/4	0/4	0/20
5.	Аличур	4000			-	1,5/0	2,5/0	7/0	-
6.	Харгуш	4100	15	—	—	3/0	8/0	4/0	-
7.	Койтезек	4200	12	17		0,6/0	3,4/8	6/8	2/1
	ИТОГО		60	96	4,30	20 0,2	16,6 23	17,1 32,4	2 40,4

Анализируя данные таблицы 1 можно делать вывод, что частота переключения передач и выжимания сцепления в таких условиях эксплуатации не высокая. На четвертую и пятую передачи приходится примерно 58-59% от итогового количества переключений на 4-ой передаче 46 % пути автомобилей проходят, на 5-ой передаче 35%. В итоге основную часть пути (81%)

грузовые авто проезжают на повышенных передачах. Около 15% приходится на пониженные передачи, а расстояние, который проезжают на указанных передачах, всего лишь 6%. При прохождении высокогорных перевалов обычно водители используют пониженную передачу. При движении автомобиля на высоте более 3000 метров над уровнем моря заметно

падение мощности двигателя из-за низкой плотности атмосферы. Максимальный момент двигателя на высоте не превышающий 1000 м достигает 350, а при 3000-4000 м момент снижается на 40-50%.

Для того чтобы, грузовой автомобиль двигался на ровной дороге, сила тяги двигателя должна быть выше общих показателей силы сопротивления качения автомобиля, сопротивления воздуха, силы инерции автомобиля. Уравнение может выражена следующим образом:

$$P_T = P_K + P_V + P_I,$$

где,  $P_T$  – величина тяги автомобиля, кг;  
 $P_K$  – сила сопротивления качения, в кг;  
 $P_V$  – сила сопротивления воздуха, кг;  
 $P_I$  – сила инерции автомобиля, кг.

В процессе движения грузового автомобиля в горных условиях уравнение меняется. Если грузовой автомобиль двигается по подъему, то он в таком случае испытывает дополнительное сопротивление, которое зависит от угла кривизны дороги в отношении горизонта. К этому уравнению добавляется сила сопротивления объекту в подъеме.

$$P_T = P_K + P_V \pm P_P + P_I,$$

где  $P_P$  – сила сопротивления подъему, кг.

Сила сопротивления качению колес состоит из трения шин, трения в подшипниках, деформации грунта и шин, трения в подвеске автомобиля. Все эти силы в разных условиях движения транспорта определить очень сложно. По этой причине все данные сопротивления учитываются общим коэффициентом. Этот коэффициент называется коэффициентом сопротивления качению автомобиля. Коэффициент на дороге асфальтированной поверхности будет равен 0,019-0,020; на гравийном покрытии – 0,02-0,025;

Чаще всего причинами дорожно-транспортного происшествия на таких высотах является ухудшение сцепления колес с поверхностью дороги. После дождя на сухую поверхность, когда на земле образуется жидкая грязь сильнее всего снижается коэффициент сцепления колес с дорогой. Особенно опасно ездит на перевалах в теплую погоду, когда подтаивает поверхность проезжей части заснеженной или обледенелой дороги. Также при подъемах и спусках зимой, в сильный холод необходимо поддерживать оптимальное состояние таких отрезков дорог. В противном случае проезд подъемов и спусков, особенно крутых становится опасным и может привести к дорожно-транспортным происшествиям.

Сила сопротивления воздуха в первую очередь зависит от объема поверхности лобовой части автомобиля, его формы и скорости движения. Как мы

знаем лобовая часть у грузовых автомобилей больше чем у легковых. Соответственно и сопротивление воздуха будет сильнее против грузовых автомобилей, так, как поверхность лобовой площади против которой идет воздушный поток больше. Также необходимо отметить, что скорость движения объекта непрерывна связана с сопротивлением воздуха, с увеличением скорости пропорционально увеличивается и сопротивление оказываемое воздухом. По этой причине в процессе движения водителю надо держать оптимальный скоростной режим, также расположить груз так, чтобы он не влиял на аэродинамические показатели автомобиля. Из всего указанного можно сделать вывод, что чем больше сила сопротивления воздуха, тем больше необходима сила тяги для поддержания скорости движения, соответственно с увеличением силы тяги двигателя, увеличится расход топлива. Сила, затрачиваемая автомобилем при преодолении подъема, равна массе автомобиля, умноженной на величину угла подъема. Чем круче подъем, тем больше сила, затрачиваемая на его преодоление. Если автомобиль с грузом, к расчету добавляется также масса груза. Наоборот, появляется сила которая способствует движению автомобиля, в процессе проезда автомобиля под уклон. В этом случае чем, больше масса автомобиля и угол спуска, тем больше сила способствующая ускорению автомобиля. Необходимо отметить, что при приближении к подъему водителю необходимо правильно оценить возможность преодоления подъема. В случае, если подъем будет длительным, его надо преодолевать на пониженной передаче. На крутых спусках рекомендуется включить ту передачу, на которой можно осуществить безопасный спуск с учетом силы инерции и ускорения.

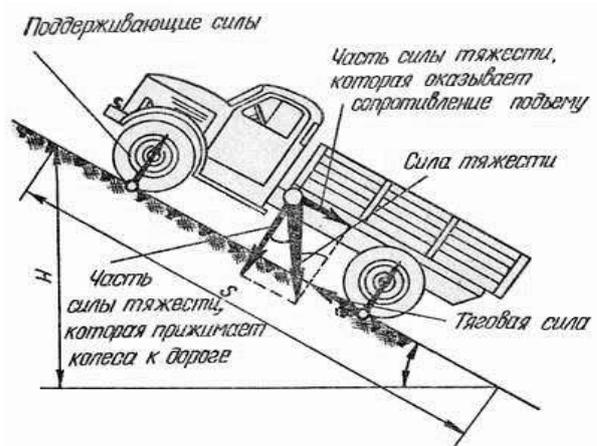


Рис. 1. Схема сил действующих на автомобиль.

Процесс движения грузового автомобиля с крепном кузова вправо, соответственно с поворотом на левую сторону при движении на подъем и на спуск.

При скорости 6,7 м/с и боковом ускорении 1,2 м/с (движение на вираже) перераспределения реакций на колесах переднего моста практически нет, т.е.  $K_2 I^L = K_r I^П$  (как при подъеме, так и при спуске), так как центробежная сила и составляющая силы веса взаимно уравновешиваются.

В таком случае, углы увода  $\beta_1 = 2,70^\circ$  и  $\beta_2 = 2,25^\circ$ , при движении на подъем, то есть ощущается плохая управляемость. При учетывании кинематики рулевого привода и подвески, то углы увода составили  $\beta_1 = 3,38^\circ$  и  $\beta_2 = 2,37^\circ$ , т.е. наблюдается стремление автомобиля к недостаточной управляемости.

При проезде подъема, опрокидывание автомобиля невозможно до тех пор, пока общая величина реакции на передних колесах будет больше нуля, то есть  $Z_i > 0$ . Опрокидывание машины может произойти в том случае, если вся масса автомобиля с грузом будет восприниматься задними колесами и передние колеса полностью разгрузятся с дальнейшей потерей продольной устойчивости. На подъеме идет дополнительное нагружение на задние колеса, а передние наоборот разгружаются. По этой же причине сила сцепления задних колес увеличивается, возможны буксование при резком увеличении скорости.

При прохождении длинных путей с высокогорными перевалами, автомобиль в любом случае будет проезжать через крутые спуски. При таких спусках идет продолжительное время пользование тормозами. Учитывая большую массу грузовых автомобилей с грузом, на тормозную систему идет сильная нагрузка, в следствии чего могут быть нагрев деталей и частей тормозной системы. Учитывая вышесказанное, делаем вывод, что при движении на спусках необходимо изначально учитывать все факторы, которые могут повлиять на увеличение скорости транспорта и определить оптимальную скорость при котором можно затормозить без повышенной нагрузки на тормозную систему.

На высокогорных трассах сильнее всего на грузоперевозки влияют дорожно-климатические условия. К примеру, на дороге “Север-Юг” особенно зимой и в период потепления регулярно происходят сход снежной лавины в следствии чего, закрываются участки дорог на время очистки. Особенно проблемным является протяженность дороги в районе тоннеля которая расположена в высокогорье. В таких условиях важным вопросом стоит правильное проектирование

стратегически важных дорог с учетом природно-климатических особенностей.

По итогам рассмотрения метода расчета движения грузовых автомобилей в горных условиях было установлено [4], что в первую очередь к процессу влияет дорожно-климатические и дорожно-транспортные факторы, а именно: угол подъема или спуска и углы поворотов, чем выше угол подъема, тем больше необходима сила тяги для движения. Погодные условия. Во время снега или дождя сцепления колес с поверхностью ухудшается, это свою очередь сильно влияет на управляемость транспорта. Также необходимо учитывать фактор ветра, при сильном боковом ветре на склоне с крутым углом поворота при движении грузового транспорта увеличивается вероятность опрокидывания, ухудшается управляемость.

**Характер груза.** Груз может увеличить сопротивление воздуха, соответственно увеличивается сопротивление движению автомобилю. Также груз увеличивает общую массу автомобиля, что ведет к увеличению силы инерции автомобиля.

При расчетах в горных условиях движения грузового автомобиля с грузом необходимо учитывать. Также вид груза влияет на процесс движения, к примеру автомобиля перевозящий опасный груз (химический или др.) будет отличаться от обычных грузоперевозок [5]. В методе расчета движения грузового автомобиля указанному в статье учтены все вышеуказанные показатели. В статье указаны процесс движения грузового автомобиля, который учитывает наиболее подходящие параметры и условия при грузоперевозках через горные перевалы. Важное внимание уделено надежности, нагруженности и эффективности перевозок, безопасности тормозных систем, эффективность которых в таких специфических и трудных горных условиях определяют внешние факторы, скорость движения а также техническое обслуживание со стороны предприятия. Исследован метод расчета движения грузовых автомобилей в горных условиях. А также в статье проанализированы устойчивость и управляемость автомобилей в экстремальных горных условиях. Определены оптимальные для безопасной езды скорости движения, которые исключают опрокидывание автомобиля.

Формирование реального скоростного режима движения происходит при одновременном воздействии всех ограничений, поэтому в работе предложены расчетные выражения для определения скорости движения в эксплуатационных условиях для различных сочетаний дорожно-климатических факторов с уче-

том предложенной классификации дорожных условий. При этом установлено, что из конструктивных факторов наибольшее значение на формирование скоростного режима оказывают полная масса автопоезда, мощность двигателя и передаточные отношения трансмиссии.

**Литература:**

1. Кленников В.М., Кленников Е.В. Теория и конструкция автомобиля. - 1966.
2. Авдонькин Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей. - М.: Транспорт, 1985. - 215.
3. Андрианов Ю.В. Исследование влияния дорожных и транспортных условий на эффективность технической эксплуатации автомобилей. Дисс... канд.техн.наук. - М., 1979. - 176 с.
4. Давлятов У.Р., Шермухамедов А., Омуров Ж.М. Разработка математической модели для обоснования параметров режима движения автопоезда при перевозке жидких грузов в горных условиях эксплуатации. / Республиканский научно-теоретический журнал «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана», №1. - Бишкек, 2014. - С. 56-59.
5. Давлятов У.Р., Алымкулов А.Ш., Дуйшебаев С.С. Совершенствование организации и управления транспортно-технологическими процессами. / Республиканский научно-теоретический журнал «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана», №4. - Бишкек, 2013.

**Рецензент: к.т.н., доцент Дресвянников С.Ю.**