

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**

Институт «Машиностроения и автомобильного транспорта»

Кафедра «Автотранспортная и техносферная безопасность»

Методические указания к практическим занятиям (семинарам)  
по дисциплине «Управление социально-техническими системами» для студентов ВлГУ,  
обучающихся по направлению 23.03.01 «Технология транспортных процессов»

Составитель: Толков А.В.

Владимир – 2015 г.

## Лабораторная работа № 1

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ МАССЫ ГРУЗА В ГРУЗОВЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

### 1. Основные положения теории

#### *Нормативные и правовые акты России*

В соответствии со стандартом автотранспортные средства (АТС), эксплуатируемые на дорогах страны (сети дорог общего пользования), подразделялись на три группы.

Автомобили и автопоезда группы *А* предназначались для эксплуатации только на дорогах с усовершенствованным капитальным покрытием (асфальтобетонным, цементобетонным). Для автомобилей и автопоездов группы *А* устанавливалась предельно допустимая осевая нагрузка от одиночной, наиболее нагруженной оси, – не более 10,0 тс при расстоянии между смежными осями 2,5 м и более. В технической системе единиц МКГС, которая в то время у нас использовалась, единицей силы является килограмм-сила (кгс).

Для перевода сил из системы МКГС в международную систему единиц СИ, используемую в настоящее время, можно с достаточной точностью принять, что 1 кгс = 10Н, поскольку в системе СИ за единицу силы принят ньютон (Н). Следовательно, допустимая осевая нагрузка, о которой шла речь выше, составляет 100 кН.

Ко второй группе *Б* относились автомобили и автопоезда, для которых предел допустимой осевой нагрузки был равен 60 кН при расстоянии между смежными осями 2,5 м и более.

К третьей группе относились автомобили, которые в соответствии с действующими регламентациями имели превышение осевых нагрузок свыше вышеуказанных. Такие автомобили не допускались к эксплуатации на дорогах общего пользования.

Таблица 1

Предельно допустимые осевые нагрузки АТС в зависимости от расстояния между смежными осями

Расстояние между смежными осями АТС, м	Осевая нагрузка, кН	
	Группа А	Группа Б
2,5 м и более	100	60
свыше 1,39 до 2,5	90	55
свыше 1,25 до 1,39	80	50
от 1,0 до 1,25	70	45

Данные таблицы могут быть использованы для сравнения с аналогичными параметрами европейских стандартов.

Предельно допустимые габаритные размеры автотранспортных средств в бывшем СССР, согласно ГОСТ, ограничивались следующими значениями:

длина одиночного автомобиля	не более	12,0 м;
ширина автотранспортного средства	не более	2,5 м;
высота автотранспортного средства	не более	4,0 м;
длина автопоезда с одним полуприцепом (прицепом)	не более	20,0 м;
длина автопоезда с несколькими прицепами, полуприцепом и прицепом	не более	24,0 м.

Таблица 2

Предельно полные массы АТС в соответствии с государственным стандартом

Тип автотранспортного средства	Предельная масса, т	
	Группа А	Группа Б
Одиночный грузовой автомобиль:		
двухосный	17,5	10,5
трехосный	25,0	15,0
Седелный тягач с полуприцепом:		
трехосный	28,0	16,0
четырёхосный	33,0	20,0
пятиосный	40,0	30,0
шестиосный	52,0	34,0
Тягач с прицепом	40,0	30,0

### Нормативные требования ЕС

Правила ЕС обязательны к исполнению во всех странах-членах ЕС и исключают вмешательство со стороны национальных парламентов. Правила по транспортным вопросам могут распространяться на АТС, участвующие как в международных перевозках, так и в перевозках внутри страны.

Директивы ЕС обязательны только по отношению к достигнутому результату. Каждой стране предоставляется возможность выбора таких средств для достижения результата, которые в наибольшей степени соответствуют конкретным обстоятельствам.

Определения ЕС обычно вносятся по конкретным проблемам, масштаб которых уступает масштабу проблем ЕС в целом. Определения обязательны для всех стран-членов ЕС, которым они адресованы.

Рекомендации и мнения ЕС разрабатываются Советом или Комиссией и не имеют обязательной силы.

Номер директивы ЕС	Область применения требований директивы ЕС
85/3, 86/360 88/212, 89/338 89/460, 89/461 91/60, 96/53	Массы и габаритные размеры АТС всех категорий

Исходная директива ЕС (85/3) предусматривала общие стандарты для АТС с шарнирно-сочлененной рамой и комбинаций автотранспортного средства с буксирной сцепкой, имеющих 5 и 6 осей (вступила в силу 1 июля 1986 года). В этой директиве предусматривается для автотранспортных средств верхний предел полной массы 40 тонн, однако было зарезервировано значение 44 тонны для случая, когда 150 контейнер длиной 40 футов (около 12 м) перевозится в ходе комбинированной транспортной операции. Эта директива затем была изменена с тем, чтобы было также включено предельное значение нагрузки 115 кН на ведущую ось.

Таблица 3

## Предельные полные массы АТС в соответствии с требованиями директив ЕС

Конструктивная схема АТС	Полная масса АТС, т	Распределение полной массы по осям АТС, т	
Двухосный одиночный автомобиль	18,0	Передняя ось	6,5
		Задняя ось	11,5
Трехосный одиночный автомобиль	25,0	Передняя ось	7,0
	26,0 (а)	Средняя и задняя ось	18,0
Четырехосный одиночный автомобиль	32,0	Передняя ось	7,0
		Вторая ось	7,0
		Третья и четвертая ось	18,0
Четырехосный прицепной автопоезд	36,0	Тягач: передняя ось	6,5
		задняя ось	11,5
		Прицеп	18,0
Трехосный седельный автопоезд	28,0	Тягач	18,0
		Ось полуприцепа	10,0
Четырехосный седельный автопоезд	36,0	Тягач (двухосный)	18,0
	38,0 (а)	Две оси полуприцепа	18,0;
			20,0 (а)
Пятиосный седельный автопоезд	40,0	Тягач (двухосный)	18,0
			16,0 (а)
		Три оси полуприцепа	22,0
			24,0 (а)
Шестиосный седельный автопоезд	44,0 (б)	Тягач (трехосный)	20,0
		Три оси полуприцепа	24,0

Примечание: а) при наличии двойных шин и воздушной подвески; б) зарезервированный для комбинированных перевозок ISO контейнеров длиной 40 футов (около 12 м).

Таблица 4

## Предельные осевые нагрузки

1. Широкая шина или двойная шина на расстоянии не менее 300 мм друг от друга	50,9 кН
в других случаях	46,0 кН
2. Двухколесная ось:	
с одиночными колесами	92,0 кН
управляемые колеса	71,2 кН
3. Двойные колеса на оси:	
на расстоянии не менее 300 мм друг от друга	101,7 кН
или оснащенные широкими шинами	105,0 кН
4. Ведущая ось автомобиля	115,0 кН(а)

Примечание: широкой считается шина, у которой площадь ее соприкосновения с поверхностью дороги не менее 300 мм по ширине. (а) - рекомендация ЕС от 1.01.93 для автопоездов массой 44 т.



Таблица 5

Допустимые нагрузки для двухосного агрегата АТС с близко расположенными осями (расположенными друг от друга не более 2,5 м и не менее 1,02 м)

Расстояние между осями, м	Максимально допустимая нагрузка на 2 оси, кН		
	Если нагрузка на каждую из осей не превышает половину общей нагрузки	Если нагрузка на одну из осей превышает половину общей нагрузки, но ни одно из значений нагрузки не составляет более 101,7 кН	В любом другом варианте
не менее 1,02	162,60	122,00	105,00
не менее 1,05	172,80	152,60	105,00
не менее 1,20	183,00	162,70	152,60
не менее 1,35	188,00	172,80	165,00
не менее 1,50	193,20	183,00	180,00
не менее 1,80	200,00	190,00	190,00
не менее 1,85	203,40	193,20	193,20

Таблица 6

Данные для конструкции агрегата АТС, состоящей из трех близко расположенных осей (при этом наибольшее удаление центров крайних осей друг от друга не превышает 3,25 м, а нагрузка каждой оси не превышает 75 кН)

Расстояние между осями не менее, м	Максимально допустимые нагрузки на каждую ось полуприцепа, кН	
	Пневматическая подвеска или подвеска с любой сжимаемой жидкостью под давлением*	В любой другой конструкции
0,7	60,0	60,0
0,8	62,0	62,0
0,9	64,0	64,0
1,0	66,0	66,0
1,1	70,0	69,0
1,2	73,0	71,0
1,3	80,0	75,0

Примечание: нагрузка одной оси не превышает нагрузок каждой из двух других осей более чем на 5 кН.

Таблица 7

Распределение максимально допустимых нагрузок для трех смежных осей полуприцепа в случае, если осевая нагрузка на любую ось превышает 75 кН

Расстояние между осями, м	Максимально допустимые нагрузки	
	На три оси полуприцепа, кН	На промежуточную ось, кН
менее 3,0	182,9	101,70
не менее 3,0	203,3	83,90
не менее 3,9	223,6	86,40
не менее 4,6	243,9	91,50

Директивы ЕС не обеспечивают полного согласования, а лишь устанавливают определенную норму, которая должна быть принята каждым государством-членом ЕС для АТС, занятых на международных перевозках. Несмотря на очевидное влияние директив ЕС, государственные нормативы даже в отдельных странах ЕС имеют значительное отличие: в Бельгии допускается ширина АТС 2,6 м, в Нидерландах максимально полная масса для шестисосного автопоезда составляет 50 тонн, в Италии предельная осевая нагрузка составляет 120 кН для ведущей оси, в Финляндии предельная полная масса автопоезда достигает 60 тонн.

На рис. 1 представлены геометрические параметры седельного автопоезда стандартной европейской длины 16,5 м. Автопоезд предназначен для перевозки 33 европейских поддонов размером 800 мм x 1200 мм, либо 26 так называемых промышленных поддонов размером 1000 мм x 1200 мм.

Параметры, показанные на схеме, универсальны для обеспечения взаимозаменяемости тягачей и полуприцепов: расстояние от опорно-сцепного устройства до передней панели кузова полуприцепа составляет 1,6 м, радиус  $R \approx 2,03$  м и т. п.

Рассмотрим распределение собственной полной массы и нагрузок по осям перспективного седельного автопоезда.

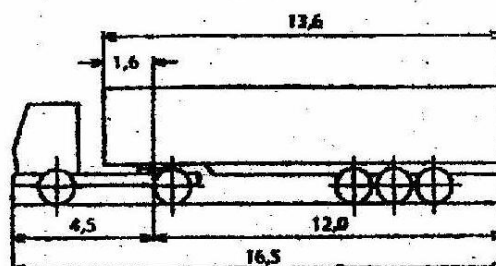


Рис. 1. Геометрические параметры седельного автопоезда

Согласно стандартным характеристикам автопоезда, имеющего полную массу 40 т, запишем следующее распределение собственных масс по осям:

- распределение собственной массы тягача
  - передняя ось тягача 4 800 кг;
  - задняя ось тягача 2 200 кг.
- распределение собственной массы полуприцепа
  - опорно-сцепное устройство 2 000 кг;
  - оси полуприцепа 6 000 кг.

Масса перевозимого груза, составляющая 25 тонн, вызывает возникновение соответствующих дополнительных нагрузок на осях полуприцепа, в опорно-сцепном устройстве, на осях тягача.

Учитывая известную физическую связь между массой и весом материального тела, рассмотрим распределение нагрузок по осям седельного автопоезда, исходя из равенства моментов прилагаемых сил.

## 2. Цель работы

При организации международных автомобильных перевозок важно не только выбрать оптимальный подвижной состав применительно к транспортной задаче предприятия, но и правильно распределить перевозимый груз в соответствии с международными и федеральными стандартами, касающимися допустимых нагрузок во избежание возникновения перегруза по осям.

Целями работы являются: изучение международных и федеральных стандартов, касающихся допустимых нагрузок на оси автотранспортного средства и получение практических навыков расчета осевых нагрузок.

### 3. Организация выполнения работы

- нормативные акты и стандарты в области весогабаритных ограничений в РФ и странах ЕС;
- технические характеристики рассчитываемых автотранспортных средств.

### 4. Охрана труда и техника безопасности

К работе допускаются студенты, ознакомленные с правилами охраны труда и техники безопасности, разработанными для лабораторий кафедры.

### 5. Содержание и порядок выполнения работы

Схема и формулы для расчета допускаемой массы груза в кузове одиночного автомобиля (рис. 2):

$h$  – расстояние от передней оси до центра тяжести груза  $Q$ ;

$L$  – база автомобиля;

$m_1$  – масса пустого автомобиля, приходящаяся на переднюю ось;

$m_2$  – масса пустого автомобиля, приходящаяся на заднюю ось;

$P_1, P_2$  – осевые нагрузки.

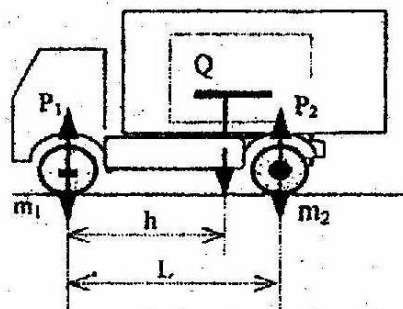


Рис.2. Схема для расчета

Масса порожнего (без груза) автомобиля:

$$G_0 = m_1 + m_2.$$

Полная масса автомобиля:

$$G_n = G_0 + Q.$$

Нагрузка на заднюю ось автомобиля:

$$P_2 = \frac{Qh}{L} + m_2.$$

Нагрузка на переднюю ось автомобиля:

$$P_1 = G_n - P_2.$$

Допускаемая масса груза:

$$Q = \frac{(P_2 - m_2)L}{h}.$$

Схема и формулы для расчета допускаемой массы груза в кузове автопоезда (рис. 3):

$h$  – расстояние от передней оси седла;

$L$  – база тягача;

$m_1, m_2, m_3, m_c$  – массы, приходящиеся на переднюю ось тягача, заднюю ось тягача, заднюю тележку полуприцепа и седло соответственно;

$S$  – расстояние от седла до оси тележки полуприцепа;  
 $Z$  – расстояние от седла до центра тяжести груза;  
 $P_1, P_2, P_3, P_c$  – нагрузки на оси и седло.

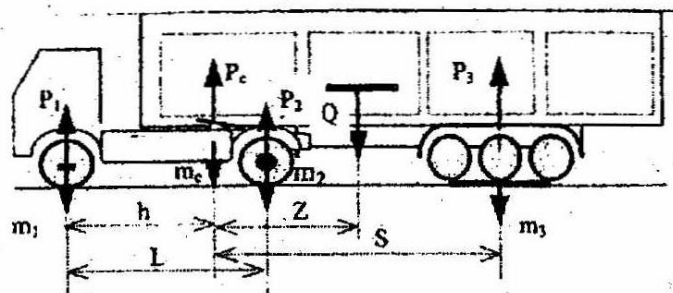


Рис.3. Схема для расчета

Масса порожнего (без груза) полуприцепа:

$$G_{0n} = m_c + m_3.$$

Полная масса полуприцепа:

$$G_m = G_{0n} + Q.$$

Нагрузка на тележку полуприцепа:

$$P_3 = \frac{QZ}{S} + m_3.$$

Нагрузка на седло:

$$P_c = G_m - P_3.$$

Нагрузка на заднюю ось тягача:

$$P_2 = \frac{P_c h}{L} + m_2.$$

Нагрузка на переднюю ось тягача:

$$P_1 = P_c + m_1 + m_2 - P_2.$$

Допускаемая масса груза при заданных ограничениях на  $P_2$  и  $P_3$ :

$$Q = \min(Q_2, Q_3);$$

$$Q_2 = \frac{P_2 - m_2}{Z} S;$$

$$Q_3 = \left[ \frac{(P_3 - m_3)L}{h} - m_c \right] \frac{S}{S - Z}.$$

Таблица 8

Исходные данные для расчета по некоторым седельным тягачам

Марка	$L$ , м	$h$ , м	$a$ , м	$m_1$ , т	$m_2$ , т
DAF 95	3,6	3,13	0	5,225	2,19
Volvo FH12	3,7	3,125	0	4,61	1,63
Scania R114	3,55	3,04	0	4,6	2,1
MAN 18.390	3,6	2,9	0	4,55	2,03
MA3-64226	4,3	4,0	1,4	4,5	4,65



Исходные данные для расчета по некоторым полуприцепам

Марка	$S$ , м	$a_1$ , м	$a_2$ , м	$m_c$ , т	$m_1$ , т	$G_a$ , т	осей
Fruehauf	7,65	1,31	1,31	2,29	7,11	34	3
Schmitz SDK	7,7	2,5	0	1,88	6,62	31	2
Kassbohrer	7,5	2,5	0	1,97	5,13	32	2
MA3-93866	7,6	2,5	0	2,1	5,4	32,7	2
Trailor Savoyard	7,69	1,31	1,31	1,41	5,52	34	3
Trailor Fourgon	7,69	1,31	1,31	1,41	5,76	34	3
Schmitz SPR24	7,69	1,31	1,31	1,48	5,52	35	3
IPV 9487SN	7,7	1,31	1,31	1,32	4,35	34	3

### 6. Отчет о работе

Работа считается выполненной, если студент проделал вышеуказанные расчеты, составил письменный отчет и ответил на контрольные вопросы.

### 7. Контрольные вопросы

1. Директивные ограничения для автотранспортных средств в странах ЕС по общей массе.
2. Директивные ограничения для автотранспортных средств в странах ЕС по максимально разрешенным осевым нагрузкам.
3. Директивные ограничения для автотранспортных средств в РФ по общей массе.
4. Директивные ограничения для автотранспортных средств в РФ по максимально разрешенным осевым нагрузкам.

### Рекомендуемая литература

1. Савин В.И. Перевозки грузов автомобильным транспортом: справочное пособие / В.И. Савин. – М.: Изд. «Дело и Сервис», 2004. – 544 с.
2. Прокофьев М.В. Конструкция и эксплуатация автотранспортных средств. Технические стандарты ЕС / М.В. Прокофьев. – М.: АСМАП, 2000. – 76 с.

## Лабораторная работа № 2

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО МАРШРУТУ

## 1. Основные положения теории

### 1.1. Средняя скорость как характеристика процесса движения

В последнее время наблюдается значительное развитие конструкций автомобилей, предназначенных для высокопроизводительной и экономичной работы в различных дорожных, транспортных и природно-климатических условиях. В связи с этим перед работниками АТП встает задача обеспечить наибольшую эффективность использования автомобилей.

Эффективность использования автомобиля определяется его эксплуатационными качествами, обеспечивающими высокую производительность и правильной организацией всего транспортного процесса. Рациональная организация транспортного процесса может быть достигнута на основе теоретического анализа эксплуатационных свойств автомобиля.

Ввиду того, что высокая динамичность автомобиля является актуальным требованием сегодняшнего дня, повышается роль и значение исследования динамичности автомобиля, создания теоретических методов, позволяющих анализировать динамические качества автомобиля.

Метод исследования основного показателя динамичности - средней скорости движения автомобиля - с использованием математического аппарата теории вероятностей, позволяет учитывать ряд факторов, влияющих на движение автомобиля.

Основное назначение автомобиля состоит в перевозке пассажиров или грузов, либо в транспортировании специального несъемного оборудования. Работа автомобиля характеризуется рядом показателей: средней скоростью, грузоподъемностью, коэффициентами использования пробега и грузоподъемности, временем нахождения в наряде и т.д.

Средняя скорость во многом определяет производительность автомобиля: автомобиль, обладающей большей средней скоростью, способен перевезти большее количество грузов, т.е. способен совершить большую транспортную работу в единицу времени по сравнению с автомобилем, средняя скорость которого меньше при прочих равных условиях (маршрут движения, грузоподъемность, использование грузоподъемности и т.п.). Ввиду этого возникает необходимость в постоянном контроле за процессом работы автомобиля.

Таким образом, возникает задача выбора критериев, позволяющих оценивать эффективность работы автомобиля.

До настоящего времени нормирование средних скоростей не получило распространения на грузовом автомобильном транспорте. В результате этот важнейший технико-эксплуатационный показатель в большинстве случаев определяется самим водителем, исходя не из технических возможностей автомо-

биля и конкретных условий эксплуатации, а только из собственной интуиции и опыта. Однако разработаны методы расчета, которые позволяют получать значения средних скоростей, определяемых возможностями автомобиля с учетом всего многообразия объективных и субъективных факторов, влияющих на движение автомобиля.

Разработанные методы расчета средних скоростей автомобиля основаны на более полном изучении процесса движения автомобиля и влияния на этот процесс различных факторов, к которым относятся:

- факторы, определяющие сопротивление движению;
- факторы, не связанные с изменением сопротивлений, но тем не менее вынуждающие водителя изменять скорость при движении;
- факторы, присущие системе «водитель - автомобиль».

К первой группе факторов можно отнести тип дороги и местность, в которой проложена эта дорога. При аналитических методах определения скорости автомобиля обычно используют коэффициент сопротивления качению  $k$ , который и характеризует дорожное сопротивление данного маршрута.

Значения коэффициентов сопротивления для различных типов дорог на основании многочисленных испытаний определены и представлены во многих работах [1], но при этом обращает на себя внимание то обстоятельство, что сопротивление качению не может быть охарактеризовано одним значением: коэффициент сопротивления  $k$  для каждого типа дороги меняется в достаточно широких пределах. Так, например, если для дорог с асфальтобетонным покрытием величина  $k$  лежит в пределах от 0,015 до 0,025, то для грунтовых дорог эти пределы еще больше: от 0,03 до 0,15.

В реальных условиях сопротивление качению представляет собой сумму сопротивлений, зависящих от деформации дорожного покрытия и шин, микропрофиля дорожного полотна, состояния дороги (сухая, мокрая) и т.д., значения которых в свою очередь не остаются постоянными во времени и по длине маршрута. По отношению к движущемуся автомобилю каждый отдельный участок пути будет иметь свое сопротивление качению. При этом величина коэффициента сопротивления будет меняться от участка к участку случайным образом. Чем меньше колебания коэффициента сопротивления, т.е. чем в более лучшем состоянии поддерживается дорога, тем меньше будет изменяться скорость движения автомобиля на маршруте и выше значения средних скоростей.

Другим немаловажным фактором является местность, характеризующаяся определенным рельефом и уклонами. Уклоны присуще той или иной местности и определяют дополнительное сопротивление движению.

Казалось бы, подъемы и спуски вполне компенсируют друг друга: на сколько увеличивается сопротивление при подъеме, на столько оно должно уменьшаться при спуске. Однако на практике не всегда удается реализовать всю накопленную при подъеме потенциальную энергию автомобиля для достижения больших скоростей на спусках. Скорость на спусках ограничивается максимально возможным ее значением, безопасностью движения, интенсивностью потока автомобилей и т.п. Ввиду этого часть накопленной энергии приходится расходовать нерационально, например, рассеивать в виде тепла в тормоз-

ных устройствах. Вследствие этого величина скорости на спусках может оказаться меньше тех значений, которые можно получить с учетом уменьшения сопротивления. Следовательно, средняя скорость на участке дороги, содержащей подъем - спуск, может оказаться меньшей, чем на горизонтальном участке.

С точки зрения водителя, ведущего автомобиль по незнакомой местности, каждый встречающийся уклон является случайным и приводит к изменению скорости. И, если на дорогах с твердым покрытием высоких категорий, событие, состоящее в том, что на следующем участке встретится тот или иной уклон, влияет незначительно на движение автомобиля ввиду небольших значений уклонов, то для дорог более низких категорий это влияние увеличивается.

Сопротивление движению и уклоны составляют суммарное сопротивление движению. Суммарное сопротивление в основном определяет среднюю скорость автомобиля на заданном маршруте.

Ко второй группе факторов относятся интенсивность и состав потока автомобилей, состояние дороги (сухая, мокрая и т.п.) метеорологические условия, наличие и крутизна поворотов дороги, ширина проезжей части и количество перекрестков, регулирование движения и т.п. Влияние характеристик (ширина, покрытие) и планировки (радиусы закруглений, повороты, перекрестки и т.п.) дороги особенно заметно при значительной интенсивности потока движущихся автомобилей.

Изменение скорости автомобиля при движении на поворотах в основном определяется их кривизной. Доказано, что имеет место прямолинейная зависимость между скоростью проезда поворотов и их кривизной. При этом сказывается влияние величины угла поворота, где этот поворот устроен (горизонтальный участок, уклон), состояние дорожного полотна и др. Таким образом, в зависимости от наличия и кривизны поворотов средняя скорость автомобиля будет уменьшаться.

К уменьшению средних скоростей автомобиля приводит наличие на маршруте перекрестков, мостов, узких мест, населенных пунктов и т.д. На участках дорог, содержащих такие препятствия, величина средней скорости может уменьшиться на 15 - 20%.

Снижение скорости автомобиля может быть обусловлено состоянием атмосферы (туман, дымка, осадки и т.п.), ветровым режимом, освещенностью (день, сумерки) и другими метеорологическими факторами. Например, состояние атмосферы определяет метеорологическую дальность видимости и, следовательно, возможность оценки дорожной обстановки. Невозможность реализации всего тягового усилия на мокрой или покрытой льдом дороге также приводит к уменьшению скорости автомобиля.

К третьей группе факторов можно отнести техническое состояние автомобиля, правильность регулировок механизмов трансмиссии, навыки и психологическое состояние водителя и другие. Техническое состояние в основном определяет те потери мощности, которые имеют место в двигателе, трансмиссии и ходовой части автомобиля. Чрезмерная затяжка подшипников ступиц колес, неправильное зацепление конических шестерен, недостаточное давление воздуха в шинах, ненормальные углы установки колес, использование несоот-



ветствующих масел и др. - все это вызывает дополнительные потери мощности и поэтому приводит к уменьшению скоростных возможностей автомобиля.

Навыки водителя и его психологическое состояние также оказывают влияние на величину скорости движения. Например, особенности зрительного восприятия конца затяжного спуска приводят к тому, что водитель поддерживает меньшую скорость, чем скорость, определяемую динамическими возможностями автомобиля. Не видя конца спуска и в то же время сознавая неизбежность разгона, водитель применяет торможение. Процесс притормаживания заканчивается в момент, когда водитель получает возможность увидеть конец спуска и полностью оценить дорожную обстановку. Психологические особенности восприятия процесса поворота и более сложное управление автомобилем приводят к снижению (и достаточно большому на спусках) скоростей.

Кроме указанных факторов, в реальном процессе движения имеют место особенности, связанные с техникой вождения и также влияющие на средние скорости автомобиля. Например, пусть суммарное сопротивление движению на каком-либо участке маршрута в точности равно максимальному динамическому фактору включенной передачи. Тогда движение на включенной передаче будет неустойчивым: небольшое увеличение дорожного сопротивления вызовет резкое уменьшение оборотов коленчатого вала двигателя, и, если не будет включена более низшая передача, двигатель перестанет работать, и автомобиль остановится. Кроме того, скорость автомобиля (при равенстве максимального динамического фактора и суммарного сопротивления) на включенной передаче будет ниже, чем при движении на следующей, более низшей передаче. Обычно на практике в таких случаях водитель при уменьшении оборотов коленчатого вала до значений, соответствующих максимальному моменту, включает более низшую передачу и поддерживает максимально возможную для этой передачи скорость.

В благоприятных условиях (малая интенсивность движения, хорошая обзорность, возможность оценки дорожной обстановки и т.п.) применяется прием, известный как динамическое преодоление подъемов. В этих случаях некоторая часть подъема преодолевается на включенной передаче: для преодоления более высокого суммарного сопротивления на этом участке подъема используется кинетическая энергия автомобиля, накопленная при интенсивном разгоне на предшествующем подъему участке. С использованием кинетической энергии автомобиля связано применение движения способом «разгон - накат», однако, такой метод вождения не является желательным, так как приводит к уменьшению средних скоростей на 10 - 20%, не говоря о других отрицательных последствиях применения этого способа (увеличение износа деталей ЦПГ двигателя, разжижение моторного масла топливом, увеличение ударных нагрузок в деталях трансмиссии, увеличение расхода топлива, повышение утомляемости водителя и т.д.) [1].

Необходимо отметить, что указанное разделение факторов несколько условно: в реальном процессе движения зачастую различные факторы всех трех групп влияют на величину скорости на том или ином участке маршрута одновременно или в различной последовательности. Однако обращает на себя вни-

мание то обстоятельство, что ни один из вышерассмотренных факторов не остается по отношению к движущемуся автомобилю постоянным на всем маршруте. При этом изменение каждого из факторов от участка к участку маршрута является с точки зрения водителя случайным. Этим и объясняется сложность точного учета влияния каждого из факторов на движение и на величину скорости автомобиля.

Ответ на некоторые частные вопросы практики может быть получен при помощи динамических характеристик автомобиля, методы построения которых широко описаны в различных работах. Общий характер динамической характеристики автомобиля подобен графикам, представленным на рис. 1.

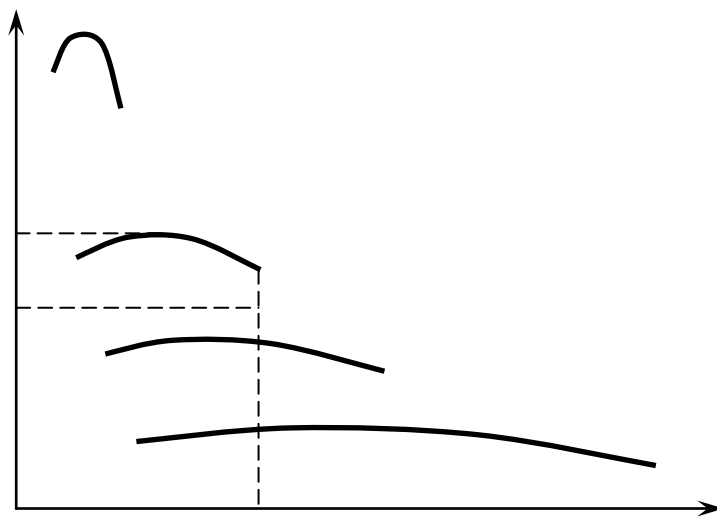


Рис. 1. Внешний вид динамической характеристики автомобиля.

При помощи динамической характеристики можно определить: скорость автомобиля при заданном суммарном сопротивлении; суммарное сопротивление, которое может быть преодолено на той или иной передаче; подъемы, которые могут быть преодолены при движении по данной дороге и т.п.

Пусть задано сопротивление движению, характеризуемое коэффициентом (рис. 1.). Необходимо определить скорость автомобиля на горизонтальном участке маршрута. В этом случае теоретический ответ ясен - скорость автомобиля будет равна максимально возможной для  $i$ -й передачи и равна  $v_{max}$ . Однако на практике это не совсем так: при обгонах и поворотах, невозможности реализации тягового усилия по условиям сцепления, использование наката и торможения и т.п. величина скорости может быть значительно ниже, чем  $v_{max}$ , а иногда она будет равна и минимально возможной по условию устойчивости движения для данной передачи. Таким образом, динамическая характеристика позволяет определить величину скорости в строго фиксированных, почти идеальных условиях движения, и что по принципу своего построения она не позволяет учесть влияние на средние скорости автомобиля комплекса факторов, меняющихся на маршруте от участка к участку случайным образом. Тем более динамическая характеристика не позволяет получить конкретные числовые значения средних скоростей автомобиля на маршруте.

Ввиду невозможности определения числовых значений средней скорости при помощи динамических характеристик автомобилей на практике пользуются конкретными для данного АТП величинами средних скоростей, основанными на статистических данных. Такие значения средней скорости позволяют планировать и оценивать работу автомобилей данного предприятия. Однако определение величин средних скоростей автомобилей в данном предприятии требует значительного времени и тщательной обработки статистических данных, получаемых при эксплуатации достаточно большого количества однотипных автомобилей. Кроме того, эти статистические данные могут быть не вполне объективными, так как они в большей степени отражают отношение водителей к своим обязанностям и их квалификацию, чем степень использования возможностей автомобиля. Эти причины несколько снижают ценность определяемых таким способом величин средних скоростей.

Более объективно средние скорости, отражающие возможности автомобиля, определяются на основании испытательных пробегов в различных дорожных условиях. Но проведение таких испытаний связано с затратами времени и материальными затратами. Кроме того, данные таких испытаний не могут быть использованы для оценки модернизируемых и проектируемых автомобилей, что в дальнейшем снова приводит к необходимости проведения испытаний этих автомобилей. При этом нет гарантии того, что полученные значения средних скоростей являются оптимальными для данной конструкции, и что другое конструктивное решение того или иного узла, механизма и т.д. не приведет к улучшению скоростных показателей автомобиля.

Все вышеописанное определило предпосылки для создания методов расчета фактических средних скоростей автомобилей с учетом многообразия случайно меняющихся реальных факторов. Такие методы неизбежно используют различные поправочные коэффициенты, получаемых из тех же испытательных пробегов. Тем не менее, несмотря на некоторую ограниченность таких методов и трудность получения опытных поправочных коэффициентов, ценность их остается большой. При использовании методов расчета средних скоростей необходимо учитывать влияние случайных факторов на процесс движения автомобиля. Эти факторы достаточно хорошо описываются методами теории вероятностей, ввиду чего аппарат теории вероятностей с успехом может быть использован для создания методик расчета средних скоростей. Кроме того, такие методы позволяют анализировать скоростные качества автомобиля еще на стадии проектирования и при выборе исходных данных, обеспечивающих в общих рамках задания на проектирование более высокие средние скорости будущему автомобилю.

Скорость автомобиля на каждом участке маршрута представляет собой функцию случайных факторов и меняется от участка к участку случайным образом. Эти значения скоростей лежат в пределах интервала, определяемого возможностями автомобиля, и как-то распределяются в этом интервале. Следовательно, значение скорости может быть описано каким-то законом распределения. И как всякая случайная величина скорость будет характеризоваться средним значением.

Задача определения средней скорости решается на основании сопоставления возможностей автомобиля с величинами сопротивлений, определяемых в основном первой группой факторов, с учетом их случайного характера. Действительно, движение автомобиля будет иметь место в случае, когда тяговые возможности его будут по крайней мере равны сумме всех внешних сопротивлений. В зависимости от величины внешних сопротивлений, что контролируется по оборотам коленчатого вала двигателя и их устойчивости, водитель использует ту или иную передачу. Скорость автомобиля на данном участке будет определяться в основном возможностями той передачи, на которой преодолевается этот участок. Очевидно, включенная передача определит и величину времени преодоления этого участка. Общее время движения по заданному маршруту будет представлять собой сумму времени преодоления отдельных участков. В свою очередь средняя скорость автомобиля на маршруте зависит от общего времени движения. Таким образом, решение поставленной задачи определяется в основном возможностью выделения участков маршрута, которые преодолеваются на той или иной передаче. Очевидно, это можно сделать путем сопоставления удельных внешних сопротивлений с тяговыми возможностями автомобиля на той или иной передаче.

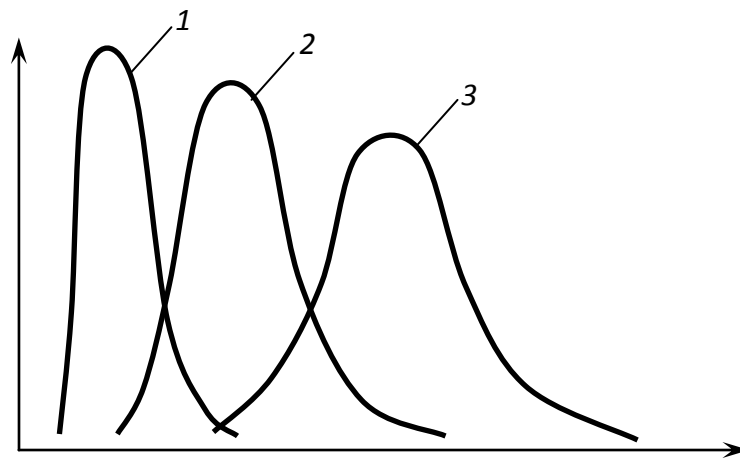
Из рис. 1 видно, что возможности  $i$ -й передачи для преодоления внешних сопротивлений движению лежат в пределах между максимальным динамическим фактором  $F_{\text{дв}}^{\text{макс}}(i)$  для этой передачи и максимальным динамическим фактором  $F_{\text{дв}}^{\text{макс}}(i+1)$  для следующей по номеру более высшей передачи. Иными словами, движение осуществляется на  $i$ -й передаче, если соблюдается условие

$F_{\text{дв}}^{\text{макс}}(i) > F_{\text{дв}}^{\text{макс}}(i+1)$ . Если суммарное сопротивление больше максимального динамического фактора  $F_{\text{дв}}^{\text{макс}}(i)$ , то необходимо включить более низшую передачу (например,  $i-1$ -ю); в другом случае, если позволяют возможности автомобиля ( $F_{\text{дв}}^{\text{макс}}(i) > F_{\text{дв}}^{\text{макс}}(i+1)$ ), водитель стремится включить более высшую передачу.

Таким образом, если известны законы распределения сопротивлений, определяемых факторами первой группы на данном маршруте, то представляется возможным выделить из всего маршрута те участки, которые преодолеваются только на  $i$ -й передаче. Однако знание длин таких участков еще не позволяет получить значения скоростей, с которыми преодолеваются эти участки. Это объясняется тем, что скорость автомобиля на участке может меняться в пределах от величины максимальной скорости  $V_{\text{макс}}(i-1)$  для предыдущей по номеру более низшей передачи до максимальной скорости  $V_{\text{макс}}(i)$  для  $i$ -й передачи. При этом в зависимости от условий, определяемых факторами второй и третьей групп, величина скорости может принять любое значение в указанных пределах.

Следовательно, имеет смысл рассматривать скорость автомобиля на  $i$ -м участке как случайную величину. В таком случае как и всякая случайная величина скорость автомобиля на  $i$ -й передаче может быть описана некоторыми законами распределения. Кривые распределения скоростей автомобилей, полученные на основании статистических данных [1] практически соответствуют кривой нормального распределения Гаусса (рис. 2).





**Рис. 2. Распределение скоростей автомобилей**

**при движении по дорогам с различным покрытием:**

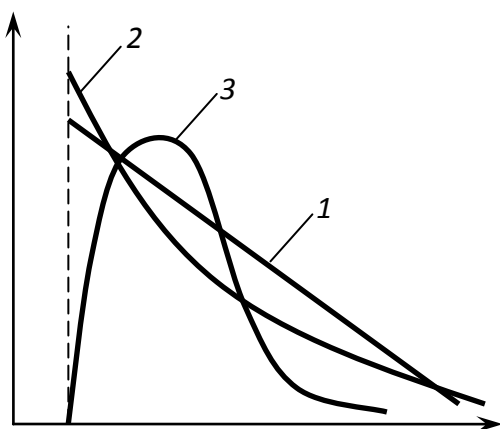
1 - по мостовой; 2 - по грунтовой дороге; 3 - по дороге с асфальтобетонным покрытием.

На основании вышеизложенного можно принять, что распределение скоростей автомобиля на  $v$ -м участке дороги, т.е. при движении автомобиля на  $i$ -й передаче, будет подчиняться закону, мало отличающемуся от нормального. Тогда плотность распределения скоростей автомобиля при движении на  $i$ -й передаче запишется в виде:

$$f(v) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(v - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

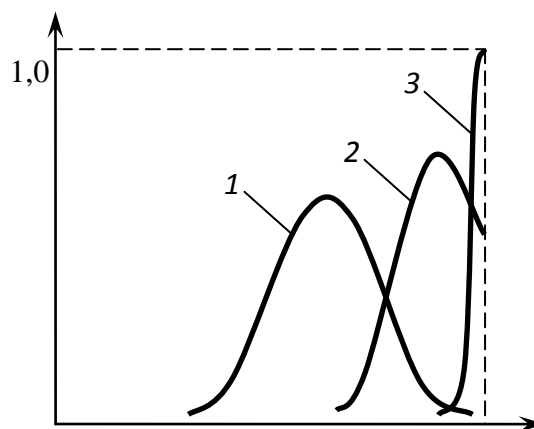
где  $v$  - текущее значение скорости;  $\mu$  - математическое ожидание скорости;  $\sigma$  - среднее квадратическое отклонение значений скоростей.

В специфических условиях могут иметь место и другие законы распределения. Например, исследования показывают, что в городских условиях определяющими движением автомобиля факторами являются безопасность и регулирование движения и интенсивность потока автомобилей. В этих условиях возможны законы распределения скорости, вид которых представлен на рис. 3.



**Рис. 3. Законы распределения скоростей в городских условиях:**

1 - равномерно убывающий; 2 - экспоненциальный; 3 - гамма-распределение.



**Рис. 4. Законы распределения скоростей при движении по дорогам:**

1 - обычным; 2 - благоустроенным; 3 - при испытании на макс. скорость.

При движении автомобиля по дорогам с асфальтобетонным покрытием, приспособленным для пропуска плотного потока автомобилей и хорошо благоустроенным, закон распределения скоростей может иметь вид, показанный на рис. 4 и отличаться от нормального.

При определении максимальной скорости автомобиля предусматривается исключение как можно большего числа действующих случайных факторов. Наличие горизонтального ровного участка дороги с асфальтобетонным покрытием в отличном состоянии, опытный водитель, хорошее техническое состояние автомобиля, разгон до входа в мерный участок, соответствующая погода и т.д. - все это позволяет полностью исключить воздействие случайных факторов. В этих условиях скорость становится практически неслучайной величиной: с вероятностью, близкой к 1 (рис. 4) реализуется расчетная максимальная скорость.

## 1.2. Способ расчета средней скорости

Средняя скорость определяется сопротивлениями движению и возможностями автомобиля на каждой из передач. Следовательно, решение задачи определения средней скорости основано на сопоставлении величин сопротивлений и тяговых усилий, развиваемых на ведущих колесах автомобиля.

Решение поставленной задачи состоит из рассмотрения следующих последовательных вопросов:

1. Определение сопротивлений движению и суммарного сопротивления.
2. Определение длин участков, преодолеваемых на каждой из передач.
3. Определение времени движения на каждой из передач.
4. Определение средней скорости автомобиля на маршруте.

Ввиду трудности учета всех особенностей реального движения в расчете приняты следующие допущения:

1. Участок маршрута, на котором выполняется условие

$$v \leq v_{max} \quad (2)$$

преодолевается только на  $i$ -й передаче.

2. При выполнении условия (2) скорость на  $i$ -й передаче меняется в пределах:

$$v_{min} \leq v \leq v_{max} \quad (3)$$

где  $v_{min}$  и  $v_{max}$  - максимальные скорости на  $i$ -й и  $i-1$ -й передачах соответственно.

3. Переключение с  $i$ -й передачи на более высокую или низкую обуславливается суммарным сопротивлением  $R_{sum}$ .
4. Переключение на более высшую передачу осуществляется в точке маршрута, где имеет место равенство  $R_{sum} = R_{max}$ . При этом на следующем участке имеет место неравенство  $R_{sum} < R_{max}$ . Переход на более

низшую передачу осуществляется при  $n_{min}$ , если в последующем

5. Время переключения передач не учитывается.

Эти допущения позволяют упростить решение задачи и определяют возможность сравнения тяговых усилий на ведущих колесах автомобиля с сопротивлениями движению.

Прежде чем приступить к решению, необходимо подготовить следующие данные:

1. Об автомобиле:

- максимальная мощность двигателя  $P_{max}$ , максимальный крутящий момент  $M_{max}$  и обороты, соответствующие максимальной мощности  $n_{P_{max}}$  и максимальному моменту  $n_{M_{max}}$ ;
- передаточные числа элементов трансмиссии: главной передачи, раздаточной коробки, коробки передач по ступеням;
- коэффициент полезного действия (КПД) двигателя и трансмиссии;
- конструкционные параметры автомобиля: высота, колея, радиусы ведущих колес, вес и грузоподъемность.

2. О маршруте:

- тип покрытия дороги;
- характеристики пересеченности местности, по которой проложен маршрут, или категория дороги.

На основании данных об автомобиле строят его динамическую характеристику и определяют исходные данные по следующим выражениям:

1. Скорость автомобиля  $v$  при заданном числе оборотов коленчатого вала:

$$v = \frac{2\pi n r}{60 i}, \quad (4)$$

где  $n$  - число оборотов коленчатого вала двигателя;  $r$  - радиус качения ведущего колеса;  $i$  - общее передаточное число трансмиссии.

2. Тяговое усилие  $F_t$  на ведущих колесах:

$$F_t = \frac{M_{max}}{r i}, \quad (5)$$

где  $M_{max}$  - крутящий момент двигателя;  $i$  - общий КПД двигателя и трансмиссии.

3. Сопротивление воздуха  $F_w$  при заданной скорости:

$$F_w = \frac{\rho v^2 S C_x}{2}, \quad (6)$$

где  $C_x$  - коэффициент обтекаемости;  $S$  - площадь лобовой проекции автомобиля;  $r$  - колея автомобиля;  $H$  - высота автомобиля.

4. Динамический фактор  $\beta$  :

$$\text{---}, \quad (7)$$

где  $G$  и  $P$  - собственный вес автомобиля в снаряженном состоянии и вес нагрузки (включая водителя и пассажиров) соответственно.

5. Удельная сила тяги  $T$  :

$$\text{---}. \quad (8)$$

Полученные в результате расчетов исходные данные позволяют проанализировать возможности каждой из передач, определяемые величинами динамических факторов  $K$  ( $K = \frac{G}{P}$ , где  $n$  - количество передач) и сравниваемые с величинами сопротивлений движению.

Величины сопротивлений движению определяют на основании данных о маршруте. Закон распределения уклонов приближенно можно описать нормальным законом, тогда плотность распределения уклонов подчиняется зависимости:

$$\text{---} = \text{---}, \quad (9)$$

где  $\mu$  - математическое ожидание уклонов данного маршрута;  $\sigma$  - среднее квадратическое отклонение уклонов от математического ожидания.

Характеристики плотности распределения  $f$  и  $\sigma$  определяется принадлежностью дороги к той или иной категории, так как технические условия определяют наибольшие уклоны продольного профиля на дорогах различных категорий. Это позволяет оценить величину  $\mu$  по правилу «трех сигма». Величину  $\sigma$  для среднепересеченной местности можно принять равной 0, так как при движении автомобиля в одном направлении одна половина уклонов будет представлять собой подъемы, другая - спуски.

**Таблица 1**

**Значения коэффициента сопротивления качению  $f$  автомобильных колес для различных дорожных покрытий**

Тип дорожного покрытия	$f$
Асфальт или цементобетон	0,008 – 0,015
Гравий	0,020 – 0,025
Бульжное покрытие	0,025 – 0,030
Сухой грунт	0,025 – 0,030
Грунтовая дорога после дождя	0,050 – 0,150
Сухой песок	0,100 – 0,300
Влажный песок	0,060 – 0,150
Обледенелая дорога, лед	0,015 – 0,030
Укатанная снежная дорога	0,030 – 0,050
Рыхлый снег	0,100 – 0,300



В то время как категория дороги определяет уклоны и сопротивления уклонов, тип покрытия дороги обуславливает дорожное сопротивление, характеризующее коэффициентом  $\mu$  (табл. 1) [3].

Сопротивление качению и уклоны определяют суммарное сопротивление  $R_{\Sigma}$ , которое для каждого малого участка определяют из зависимости:

$$R_{\Sigma} = R_{\text{к}} + R_{\text{у}}, \quad (10)$$

где  $R_{\text{к}}$  - величина уклона дороги;  $R_{\text{у}}$  - подъем или спуск.

Таким образом, суммарное сопротивление представляет собой функцию двух величин  $R_{\text{к}}$  и  $R_{\text{у}}$ . Если автомобиль движется по дороге, характеризующей постоянным коэффициентом сопротивления  $\mu$ , то зависимость (10) можно записать в виде:

$$R_{\Sigma} = \mu G \sin \alpha, \quad (11)$$

В этом случае величина  $R_{\Sigma}$ , как функция случайного аргумента  $\alpha$ , также будет подчинена определенному закону распределения. Однако определение закона распределения величины  $R_{\Sigma}$  на основании зависимостей (9) и (11) представляет собой трудоемкую задачу, поэтому некоторые упрощения позволяют получить более простые зависимости.

Известно, что наиболее распространенные на дорогах уклоны составляют величины, значительно меньшие тех, которые преодолеваются автомобилем и определяются его конструктивными и тяговыми возможностями. Так, например, уклоны до 3 - 4<sup>0</sup> достаточно распространены и закономерны для отечественных дорог [1]. Для таких и значительно больших уклонов функции  $R_{\text{к}}$  и  $R_{\text{у}}$  могут быть с достаточной точностью заменены линейными зависимостями вида:

$$R_{\text{к}} = k_1 \alpha, \quad R_{\text{у}} = k_2 \alpha, \quad (12)$$

Так, например, ошибка при замене функций  $R_{\text{к}}$  и  $R_{\text{у}}$  зависимостями (12) при  $\alpha = 3^{\circ}$  и  $\alpha = 4^{\circ}$  не превышает 2% при изменении величины  $\mu$  в пределах  $\pm 25^{\circ}$  [1]. Для подавляющего большинства случаев расчета скорости автомобиля такая ошибка не существенна, что позволяет воспользоваться зависимостями (12) для дальнейших расчетов. С учетом зависимостей (12) выражение (11) может быть записано в виде:

$$R_{\Sigma} = (\mu k_1 + \mu k_2) \alpha, \quad (13)$$

Если известен закон распределения аргумента  $\alpha$ , то можно определить и закон распределения функции  $R_{\Sigma}$ :

$$\dots, \quad (14)$$

где ; .

На основании зависимости (14) можно определить участки , преодолеваемые на -й передаче. Для этого обозначим через относительный путь движения автомобиля на -й передаче:

$$-, \quad (15)$$

Длина участка , на котором условия благоприятствуют движению на -й передаче, будет зависеть от вероятности попадания величины суммарного сопротивления в интервалы, ограничиваемые возможностями -й передачи (условие 2) и определится по выражению:

$$, \quad (16)$$

где - вероятность попадания величины в интервал от до .

Отсюда видно, что величина численно равна вероятности  $\psi <$  и может быть определена из выражения:

$$. \quad (17)$$

**Таблица 2**

**Нормированная функция нормального распределения**

$z$	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9
$\Phi(z)$	0,500	0,460	0,421	0,382	0,345	0,309	0,274	0,242	0,212	0,184
$z$	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,4	-1,5	-1,6	-1,7	-1,8	-1,9
$\Phi(z)$	0,159	0,136	0,115	0,097	0,081	0,067	0,055	0,045	0,036	0,029
$z$	-2,0	-2,1	-2,2	-2,3	-2,4	-2,5	-2,6	-2,7	-2,8	-2,9
$\Phi(z)$	0,023	0,018	0,014	0,011	0,008	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002
$z$	-3,0	-3,1	-3,2	-3,3	-3,4	-3,5	-3,6	-3,7	-3,8	-3,9
$\Phi(z)$	0,0013	0,0011	0,0007	0,0005	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000
$z$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$\Phi(z)$	0,500	0,540	0,579	0,618	0,655	0,691	0,726	0,758	0,788	0,816
$z$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
$\Phi(z)$	0,841	0,864	0,885	0,903	0,919	0,933	0,945	0,955	0,964	0,971
$z$	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
$\Phi(z)$	0,977	0,982	0,986	0,989	0,992	0,994	0,995	0,996	0,997	0,998
$z$	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
$\Phi(z)$	0,9987	0,9990	0,9993	0,9995	0,9997	0,9998	0,9998	0,9999	0,9999	1,0000



Рассмотрим движение автомобиля по заданному маршруту, длина которого равна  $L$ . Отдельные участки маршрута преодолеваются на 1, 2, ...,  $n$ -й передачах, где  $n$  - количество передач. Обозначим длину этих участков соответственно номерам передач:  $l_1, l_2, \dots, l_n$ . Если средние скорости автомобиля на каждом из участков обозначить через  $v_1, v_2, \dots, v_n$  и время их преодоления через  $t_1, t_2, \dots, t_n$ , то нормирующие условия запишутся в виде:

$$v_1 t_1 = v_2 t_2 = \dots = v_n t_n, \quad (22)$$

$$l_1 t_1 + l_2 t_2 + \dots + l_n t_n = L, \quad (23)$$

где  $T$  - время преодоления всего маршрута.

Тогда для всего маршрута имеет место соотношение:

$$L/T = \frac{l_1 v_1 + l_2 v_2 + \dots + l_n v_n}{L}, \quad (24)$$

Средняя скорость автомобиля  $v_{ср}$  определится как частное от деления длины всего маршрута  $L$ , определяемое по выражению (24), на время его преодоления  $T$ :

$$v_{ср} = \frac{L}{T} = \frac{l_1 v_1 + l_2 v_2 + \dots + l_n v_n}{L}. \quad (25)$$

Обозначим через  $\alpha_i$  отношение времени преодоления  $i$ -го участка  $t_i$  к времени преодоления всего маршрута  $T$  и будем называть эту величину относительным временем движения на  $i$ -й передаче. С учетом введенного обозначения и зависимости (21) выражение (25) переписывается в виде:

$$v_{ср} = \frac{v_1 \alpha_1 + v_2 \alpha_2 + \dots + v_n \alpha_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n}. \quad (26)$$

Зависимость максимальной скорости автомобиля от технических параметров имеет вид:

$$v_{max} = \frac{1}{\alpha} \sqrt{\frac{P_{max}}{G}}, \quad (27)$$

где  $P_{max}$  - максимальная мощность двигателя, л.с.;  $G$  - полный вес автомобиля с грузом, т;  $\alpha$  - удельная сила тяги на  $i$ -й передаче при работе двигателя в режиме максимальной мощности;  $\eta$  - коэффициент полезного действия двигателя и трансмиссии на  $i$ -й передаче.

Обозначим удельную весовую мощность двигателя  $\beta$  через отношение:

$$\beta = \frac{P_{max}}{G}. \quad (28)$$



Тогда с учетом зависимостей (27) и (28) выражение (26) запишется в виде:

$$\text{---} . \quad (29)$$

В частности, если передачи выбраны согласно закону геометрической прогрессии и закон распределения скорости для всех передач одинаковый, а величина КПД меняется от передачи к передаче незначительно, то можно записать:

$$\text{---} . \quad (30)$$

Для определения относительного времени движения на  $i$ -й передаче воспользуемся соотношениями:

$$\frac{\text{---}}{\text{---} \text{---}} \quad (31)$$

где  $v_{max}$  - максимальная скорость автомобиля на высшей передаче;

Учитывая определение величины  $\eta$  и зависимости (31) после несложных алгебраических преобразований можно получить выражение для определения относительного времени движения на  $i$ -й передаче в зависимости от относительного пути преодолеваемого на той же передаче:

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} . \quad (32)$$

В частности, если передачи выбраны согласно закону геометрической прогрессии с показателем  $n$ , выражение (32) примет вид:

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} . \quad (33)$$

Подставив значение  $\eta$  по выражению (32) в выражение (29), получим окончательную зависимость для определения средней скорости на маршруте:

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} . \quad (34)$$

Методика определения средней скорости автомобиля в заданных условиях сводится к следующему алгоритму:

1. Строят динамическую характеристику автомобиля и определяют значения максимальных динамических факторов для каждой из передач
2. Определяют значения  $\dots$ , удельные силы тяги  $\dots$  и максимальные скорости  $\dots$  для каждой из передач.
3. На основании выражения (18) определяют относительные пути движения  $\dots$  для выбранных типов дорог.
4. Значения коэффициентов  $\dots$  вычисляют на основании законов распределения скорости (предположительных или определенных по результатам статистических данных) для каждой из передач.
5. Величины относительных времен движения  $\dots$  определяют по выражению (32).
6. После определения значения КПД  $\dots$  из кинематической схемы трансмиссии с учетом КПД двигателя или выбора его величины на основании опытных данных по выражениям (29) и (34) вычисляют средние скорости  $\dots$  для различных коэффициентов сопротивлений  $\dots$ .
7. Строят график зависимости  $\dots$  для данной местности.
8. Определяют среднюю скорость  $\dots$  автомобиля в данном районе по выражению:

$$\dots \quad (35)$$

где  $\dots$  - средняя скорость автомобиля по  $\dots$ -му типу дороги, определяется из графика  $\dots$  или на основании вычислений;  $\dots$  - частота встречи  $\dots$ -го типа дороги при движении автомобиля в данном районе;  $\dots$  - количество типов дорог, для которых вычисляют среднюю скорость (которые имеются в данном районе).

## 2. Цель работы

Целью работы является определение средней скорости магистральных АТС на заданном международном маршруте для дальнейшего планирования графика движения АТС с соблюдением международных нормативов в области МАП, которое позволяет планировать работу АТС на длительный период и, при знании действующих тарифов, – планировать доходы АТП от данного вида деятельности.

## 3. Организация выполнения работы

Для проведения работы студентам предоставляются:

- раздаточный материал (атлас автомобильных дорог РФ и Европы) или доступ в компьютерный класс кафедры для составления маршрута движения;
- технические характеристики АТС, соответствующих цели работы (седельные тягачи и полуприцепы).

#### 4. Охрана труда и техника безопасности

К работе допускаются студенты, ознакомленные с правилами охраны труда и техники безопасности, разработанными для лабораторий и компьютерного класса кафедры.

#### 5. Содержание и порядок выполнения работы

##### 5.1. Расчет средней скорости движения на маршруте для выбранного АТС (пример)

**Задание.** Определить среднюю скорость при движении по заданному маршруту (Н.Новгород - Будапешт, Венгрия) АТС с грузом в составе: седельный тягач Scania R380 LA4X2HNA, тентовый полуприцеп Wielton NS34S.

##### Исходные данные.

Снаряженная масса АТС с водителем и доп. оборудованием <sup>1</sup> , т .....	13,325
Масса перевозимого груза <sup>2</sup> , т .....	24,45
Мощность двигателя, л.с., при 1900 мин <sup>-1</sup> .....	380
Крутящий момент при макс. мощности, Н·м, .....	1800
Радиус качения шин 295/60R22,5 <sup>3</sup> , м .....	0,462
Колея тягача <sup>4</sup> , м .....	2,175
Высота АТС с полуприцепом, м .....	3,95
Коэффициент обтекаемости кабины <sup>5</sup> , .....	0,54
Общий КПД трансмиссии и двигателя <sup>6</sup> , .....	0,85

Передаточные числа:

Таблица 3

##### Передаточные числа 14-ступенчатой (12+2) коробки передач Scania GRS900

Передачи	Переключатель	Нижний диапазон	Верхний диапазон
Задняя	низ (L)	14,74	-
	верх (H)	11,95	-
Ползущая (Crawler)	L	16,38	-
	H	13,28	-
1/4	L	11,27	3,01
	H	9,14	2,44
2/5	L	7,17	1,91
	H	5,81	1,55
3/6	L	4,62	1,23
	H	3,75	1,00

Главной передачи Scania R780 (одноступенчатая, гипоидная) ..... 3,08

Примечание.

1. Масса тягача - 6,7 т, масса полуприцепа - 6,55 т, расчетная масса водителя (согласно нормативам для грузовых автомобилей) - 75 кг (0,075 т).
2. Согласно осевого расчета (п. 2.3.).
3. Радиус качения шин определен аналитически с использованием выражений [2]:

$$r_{ст} = r_{пос} \cdot \left( 1 - \frac{h_{пр} \cdot \delta}{b} \right) \quad (36)$$

$$r_{дин} = r_{ст} \cdot \left( 1 + \frac{v^2}{g \cdot r_{ст}} \right) \quad (37)$$

$$r_{кач} = r_{дин} \cdot \left( 1 + \frac{v^2}{g \cdot r_{дин}} \right) \quad (38)$$

где  $r_{ст}$  - статический радиус шин;  $r_{пос}$  - посадочный диаметр колеса;  $b$  - ширина профиля шины;  $h_{пр}$ , % - отношение высоты профиля шины к ее ширине;  $\delta$  - коэффициент вертикальной деформации шины (для шин грузовых автомобилей);  $r_{дин}$  - динамический радиус шин; выражение (38) применяется для приближенных вычислений радиуса качения радиальных шин (по ГОСТ 17393-72), при скорости движения автомобиля 60 км/ч.

Итак, — .

4. Колея тягача определена как разность габаритной ширины (2,49 м) и ширины профиля шины (0,295 м).
5. По данным Scania.
6. Принят одинаковым для всех передач.

### Решение

Находим значения динамических факторов и удельных сил тяги для каждой передачи (всего 12, ползущие передачи при движении не используются, они необходимы для маневрирования в местах совершения грузовых операций и т.п.).

Согласно выражению (4) максимальная скорость автомобиля на выбранной передаче определяется [2]:

$$v_{max} = \frac{r_{кач} \cdot \omega_{в} \cdot i_{п} \cdot i_{т}}{i_{г} \cdot i_{д} \cdot i_{к} \cdot i_{п} \cdot i_{т}}, \text{ м/с;}$$

$$\text{или } v_{max} = \frac{r_{кач} \cdot \omega_{в} \cdot i_{п} \cdot i_{т}}{i_{г} \cdot i_{д} \cdot i_{к} \cdot i_{п} \cdot i_{т}}, \text{ км/ч,}$$

где  $\omega_{в}$  ( ) - число оборотов (частота вращения) коленчатого вала при номинальной эффективной мощности двигателя, рад/с ( $\text{мин}^{-1}$ ); — - коэффи-

коэффициент перевода размерности из рад/с в мин<sup>-1</sup>;  $r$  - радиус качения ведущего колеса;  $i$  - общее передаточное отношение трансмиссии;  $i_1$  - передаточное отношение коробки передач;  $i_2$  - передаточное отношение главной передачи; 3,6 - коэффициент перевода размерности из м/с в км/ч.

Итак, для I-ой передачи (передача I L) максимальная скорость равна:

$$v_{max} = \frac{v_{max} \cdot i_1 \cdot i_2}{3,6} \text{ км/ч;}$$

Согласно выражению (7) динамический фактор определяется [2]:

$$D = \frac{F_{tr} - F_{w}}{G},$$

где  $F_{tr}$  - тяговое усилие на ведущих колесах автомобиля, Н;  $M_{дв}$  - крутящий момент двигателя, Н·м;  $\eta_{дв}$  - общий КПД двигателя и трансмиссии;  $F_{w}$  - сопротивление воздуха при заданной скорости, Н (коэффициент  $C_x$  ставится, если скорость указывается в км/ч, а не в м/с);  $C_x$  - коэффициент обтекаемости;  $C_d$  - коэффициент обтекаемости;  $\rho$  кг/м<sup>3</sup> - плотность воздуха;  $S$  - площадь лобовой проекции автомобиля (площадь миделева сечения), м<sup>2</sup>;  $r$  - колея автомобиля, м;  $h$  - высота автомобиля, м;  $G$  и  $G_{наг}$  - собственный вес автомобиля в снаряженном состоянии и вес нагрузки (включая водителя и пассажиров) соответственно, Н.

$$F_{tr} = \frac{M_{дв} \cdot \eta_{дв}}{r} \text{ кН;}$$

$$F_{w} = \frac{C_x \cdot \rho \cdot S \cdot v^2}{2} \text{ Н;}$$

$$G = G_{авт} + G_{наг} \text{ ;}$$

Согласно выражению (8) удельная сила тяги равна:

$$D = \frac{F_{tr} - F_{w}}{G} \text{ .}$$

Результаты расчетов для других передач КП автомобиля сведем в таблицу. При этом, будем иметь ввиду, что согласно Директивам ЕС 92/6 и 92/24 с 01.01.1994 для АТС предусмотрена установка устройств ограничения скорости [5].

Ограничитель скоростного режима представляет собой специальное устройство, которое устанавливается на АТС в одном блоке с приводом тахографа

на КПП. Ограничители скоростного режима имеют различные конструктивные модификации, но все они независимо от конструкции обеспечивают ограниченные скорости движения на заданном уровне.

Таблица 4

**Пределы ограничения скорости (в сокращении)**

Директива 92/6 и 92/24	Предел ограничения скорости	Срок введения
АТС с полной массой более 12 тонн		
Новые АТС, зарегистрированные после 01.04.1994	86 км/ч	01.01.94
Существующие АТС, впервые зарегистрированные после 01.01.1988 и используемые на международных перевозках	86 км/ч	01.01.95
Существующие АТС, впервые зарегистрированные после 01.01.1988 и используемые на внутренних перевозках	86 км/ч	01.01.96

Существует несколько способов установки ограничителей скоростного режима АТС. Наиболее распространенным является конструкция, в которой сигнал поступает непосредственно из соединительного блока, установленного в приемной головке тахографа. Изготовители современных тахографов предусматривают именно такую конструкцию. При стабилизации скорости движения устройство помогает поддерживать ее стабильность без значительных отклонений. Однако, если водитель полностью откроет доступ топлива для полного ускорения автомобиля устройство не позволит скорости увеличиться более чем на 4,8 км/ч (3 мили/ч) сверх установленного предела. Точность контроля в пределах 3,2 км/ч (2 мили/ч). Таким образом, если полученные значения скоростей превысят установленный предел, то для таких передач будет установлено значение скорости 86 км/ч. Результаты вычислений сведем в таблицу 5.

Таблица 5

**Результаты вычислений , и**

передача	$i_{кп}$	$V_i, км/ч$	$F_T, Н$	$F_w, Н$	$D_i$	$F_i N$
I L	11,27	9,62	113 967	20	0,3075	0,3075
I H	9,14	11,86	92 428	31	0,2493	0,2494
II L	7,17	15,12	72 506	50	0,1955	0,1957
II H	5,81	18,65	58 753	76	0,1583	0,1585
III L	4,62	23,46	46 720	120	0,1257	0,1261
III H	3,75	28,90	37 922	183	0,1018	0,1023
IV L	3,01	36,01	30 438	283	0,0814	0,0821
IV H	2,44	44,42	24 674	431	0,0654	0,0666
V L	1,91	56,74	19 315	704	0,0502	0,0521
V H	1,55	69,92	15 674	1 069	0,0394	0,0423
VI L	1,23	<b>88,11</b>	12 438	<b>1 617</b>	0,0292	0,0336
VI H	1,00	<b>108,38</b>	10 112	<b>1 617</b>	0,0229	0,0273



Движение происходит по среднепересеченной местности, для которой закон распределения  $\alpha$  - нормальный, с характеристиками  $\sigma^0$  и  $\mu^0$ .  
 Причем  $\sigma^0$  и  $\mu^0$ , согласно (12).

Вычислим характеристики закона распределения суммарного сопротивления для дороги с сопротивлением  $R_0$ :

$$\sigma^0 = \sqrt{\sigma_0^2 + \sigma_{R_0}^2}; \quad \mu^0 = \mu_0 + \mu_{R_0}.$$

Относительные пути движения на этой дороге, согласно (18), равны:

$$\begin{aligned} & \frac{L_1}{L} = \frac{L_1}{L_0 + L_{R_0}}; \\ & \frac{L_2}{L} = \frac{L_2}{L_0 + L_{R_0}}; \\ & \frac{L_3}{L} = \frac{L_3}{L_0 + L_{R_0}}; \\ & \frac{L_4}{L} = \frac{L_4}{L_0 + L_{R_0}}; \\ & \frac{L_5}{L} = \frac{L_5}{L_0 + L_{R_0}}; \\ & \frac{L_6}{L} = \frac{L_6}{L_0 + L_{R_0}}; \\ & \frac{L_7}{L} = \frac{L_7}{L_0 + L_{R_0}}; \\ & \frac{L_8}{L} = \frac{L_8}{L_0 + L_{R_0}}; \\ & \frac{L_9}{L} = \frac{L_9}{L_0 + L_{R_0}}; \\ & \frac{L_{10}}{L} = \frac{L_{10}}{L_0 + L_{R_0}}; \end{aligned}$$

где величину  $L_{R_0}$  определяем по таблице 2.

Аналогично вычисляем характеристики закона распределения суммарного сопротивления и относительные пути движения для других типов дорог (при граничных значениях  $\sigma^0$  по таблице 1). Результаты вычислений сведены в таблицы 6 - 13. Результаты вычислений нормированной функции сведены в таблицу 14. Результаты вычислений относительных путей движения на каждой из передач сведены в таблицу 15.

Таблица 6

Результаты вычислений для

<i>передача</i>	$D_i$	$m\psi$	$\sigma\psi$	$z_i$	$z_{i+1}$
VI H	0,0229	0,015	0,02572	0,31	-
VI L	0,0292	0,015	0,02572	0,55	0,31
V H	0,0394	0,015	0,02572	0,95	0,55
V L	0,0502	0,015	0,02572	1,37	0,95
IV H	0,0654	0,015	0,02572	1,96	1,37
IV L	0,0814	0,015	0,02572	2,58	1,96
III H	0,1018	0,015	0,02572	3,37	2,58
III L	0,1257	0,015	0,02572	4,30	3,37
II H	0,1583	0,015	0,02572	5,57	4,30
II L	0,1955	0,015	0,02572	7,02	5,57
I H	0,2493	0,015	0,02572	9,11	7,02
I L	0,3075	0,015	0,02572	11,37	9,11

Таблица 7

Результаты вычислений для

<i>передача</i>	$D_i$	$m\psi$	$\sigma\psi$	$z_i$	$z_{i+1}$
VI H	0,0229	0,020	0,02570	0,11	-
VI L	0,0292	0,020	0,02570	0,36	0,11
V H	0,0394	0,020	0,02570	0,75	0,36
V L	0,0502	0,020	0,02570	1,18	0,75
IV H	0,0654	0,020	0,02570	1,77	1,18
IV L	0,0814	0,020	0,02570	2,39	1,77
III H	0,1018	0,020	0,02570	3,18	2,39
III L	0,1257	0,020	0,02570	4,11	3,18
II H	0,1583	0,020	0,02570	5,38	4,11
II L	0,1955	0,020	0,02570	6,83	5,38
I H	0,2493	0,020	0,02570	8,92	6,83
I L	0,3075	0,020	0,02570	11,19	8,92

Таблица 8

Результаты вычислений для

<i>передача</i>	$D_i$	$m\psi$	$\sigma\psi$	$z_i$	$z_{i+1}$
VI H	0,0229	0,030	0,02565	-0,28	-
VI L	0,0292	0,030	0,02565	-0,03	-0,28
V H	0,0394	0,030	0,02565	0,37	-0,03
V L	0,0502	0,030	0,02565	0,79	0,37
IV H	0,0654	0,030	0,02565	1,38	0,79
IV L	0,0814	0,030	0,02565	2,00	1,38
III H	0,1018	0,030	0,02565	2,80	2,00
III L	0,1257	0,030	0,02565	3,73	2,80
II H	0,1583	0,030	0,02565	5,00	3,73
II L	0,1955	0,030	0,02565	6,45	5,00
I H	0,2493	0,030	0,02565	8,55	6,45
I L	0,3075	0,030	0,02565	10,82	8,55

Таблица 9

Результаты вычислений для

<i>передача</i>	$D_i$	$m\psi$	$\sigma\psi$	$z_i$	$z_{i+1}$
VI H	0,0229	0,050	0,02555	-1,06	-
VI L	0,0292	0,050	0,02555	-0,81	-1,06
V H	0,0394	0,050	0,02555	-0,41	-0,81
V L	0,0502	0,050	0,02555	0,01	-0,41
IV H	0,0654	0,050	0,02555	0,60	0,01
IV L	0,0814	0,050	0,02555	1,23	0,60
III H	0,1018	0,050	0,02555	2,03	1,23
III L	0,1257	0,050	0,02555	2,96	2,03
II H	0,1583	0,050	0,02555	4,24	2,96
II L	0,1955	0,050	0,02555	5,70	4,24
I H	0,2493	0,050	0,02555	7,80	5,70
I L	0,3075	0,050	0,02555	10,08	7,80

Таблица 10

Результаты вычислений для

<i>передача</i>	$D_i$	$m\psi$	$\sigma\psi$	$z_i$	$z_{i+1}$
VI H	0,0229	0,060	0,02549	-1,46	-
VI L	0,0292	0,060	0,02549	-1,21	-1,46
V H	0,0394	0,060	0,02549	-0,81	-1,21
V L	0,0502	0,060	0,02549	-0,38	-0,81
IV H	0,0654	0,060	0,02549	0,21	-0,38
IV L	0,0814	0,060	0,02549	0,84	0,21
III H	0,1018	0,060	0,02549	1,64	0,84
III L	0,1257	0,060	0,02549	2,58	1,64
II H	0,1583	0,060	0,02549	3,86	2,58
II L	0,1955	0,060	0,02549	5,31	3,86
I H	0,2493	0,060	0,02549	7,43	5,31
I L	0,3075	0,060	0,02549	9,71	7,43

Таблица 11

Результаты вычислений для

<i>передача</i>	$D_i$	$m\psi$	$\sigma\psi$	$z_i$	$z_{i+1}$
VI H	0,0229	0,100	0,02529	-3,05	-
VI L	0,0292	0,100	0,02529	-2,80	-3,05
V H	0,0394	0,100	0,02529	-2,40	-2,80
V L	0,0502	0,100	0,02529	-1,97	-2,40
IV H	0,0654	0,100	0,02529	-1,37	-1,97
IV L	0,0814	0,100	0,02529	-0,74	-1,37
III H	0,1018	0,100	0,02529	0,07	-0,74
III L	0,1257	0,100	0,02529	1,02	0,07
II H	0,1583	0,100	0,02529	2,31	1,02
II L	0,1955	0,100	0,02529	3,78	2,31
I H	0,2493	0,100	0,02529	5,90	3,78
I L	0,3075	0,100	0,02529	8,20	5,90

Таблица 12

Результаты вычислений для

<i>передача</i>	$D_i$	$m\psi$	$\sigma\psi$	$z_i$	$z_{i+1}$
VI H	0,0229	0,150	0,02504	-5,08	-
VI L	0,0292	0,150	0,02504	-4,83	-5,08
V H	0,0394	0,150	0,02504	-4,42	-4,83
V L	0,0502	0,150	0,02504	-3,99	-4,42
IV H	0,0654	0,150	0,02504	-3,38	-3,99
IV L	0,0814	0,150	0,02504	-2,74	-3,38
III H	0,1018	0,150	0,02504	-1,93	-2,74
III L	0,1257	0,150	0,02504	-0,97	-1,93
II H	0,1583	0,150	0,02504	0,33	-0,97
II L	0,1955	0,150	0,02504	1,82	0,33
I H	0,2493	0,150	0,02504	3,97	1,82
I L	0,3075	0,150	0,02504	6,29	3,97

Таблица 13

Результаты вычислений для

<i>передача</i>	$D_i$	$m\psi$	$\sigma\psi$	$z_i$	$z_{i+1}$
VI H	0,0229	0,300	0,02427	-11,42	-
VI L	0,0292	0,300	0,02427	-11,16	-11,42
V H	0,0394	0,300	0,02427	-10,74	-11,16
V L	0,0502	0,300	0,02427	-10,29	-10,74
IV H	0,0654	0,300	0,02427	-9,67	-10,29
IV L	0,0814	0,300	0,02427	-9,01	-9,67
III H	0,1018	0,300	0,02427	-8,17	-9,01
III L	0,1257	0,300	0,02427	-7,18	-8,17
II H	0,1583	0,300	0,02427	-5,84	-7,18
II L	0,1955	0,300	0,02427	-4,31	-5,84
I H	0,2493	0,300	0,02427	-2,09	-4,31
I L	0,3075	0,300	0,02427	0,31	-2,09

Таблица 14

Сводная таблица значений нормированной функции

$f$	0,015	0,02	0,03	0,05	0,06	0,1	0,15	0,3
VIH	0,6217	0,5439	0,3898	0,1452	0,0726	0,0012	0	0
VIL	0,7085	0,6402	0,4880	0,2092	0,1132	0,0030	0	0
VH	0,8285	0,7730	0,6439	0,3414	0,2092	0,0080	0	0
VL	0,9142	0,8808	0,7850	0,5040	0,3524	0,0248	0	0
IVH	0,9746	0,9613	0,9158	0,7260	0,5829	0,0858	0,0030	0
IVL	0,9948	0,9917	0,9770	0,8904	0,7992	0,2300	0,0036	0
IIIH	0,9996	0,9992	0,9970	0,9785	0,9490	0,5280	0,0272	0
IIIL	1,0	1,0	0,9999	0,9984	0,9948	0,8456	0,1665	0
IIH	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9999	0,9893	0,6291	0
IIIL	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9999	0,9654	0
IH	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0185
IIL	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6217

Таблица 15

Сводная таблица значений относительных путей движения :

$f$	0,008	0,015	0,02	0,03	0,05	0,06	0,1	0,15	0,3
$k_{VIH}$	0,7190	0,6217	0,5439	0,3898	0,1452	0,0726	0,0012	0	0
$k_{VIL}$	0,0746	0,0868	0,0963	0,0982	0,0640	0,0406	0,0018	0	0
$k_{VH}$	0,0950	0,1200	0,1328	0,1559	0,1322	0,0960	0,0050	0	0
$k_{VL}$	0,0604	0,0857	0,1078	0,1411	0,1626	0,1432	0,0168	0	0
$k_{IVH}$	0,0380	0,0604	0,0805	0,1308	0,2220	0,2305	0,0610	0,0030	0
$k_{IVL}$	0,0105	0,0202	0,0304	0,0612	0,1644	0,2163	0,1442	0,0006	0
$k_{IIIH}$	0,0024	0,0048	0,0075	0,0200	0,0881	0,1498	0,2980	0,0236	0
$k_{IIIL}$	0,0001	0,0004	0,0008	0,0029	0,0199	0,0458	0,3176	0,1393	0
$k_{IIH}$	0	0	0	0,0001	0,0016	0,0051	0,1437	0,4626	0
$k_{IIIL}$	0	0	0	0	0	0,0001	0,0106	0,3363	0
$k_{IH}$	0	0	0	0	0	0	0,0001	0,0346	0,0185
$k_{IIL}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6032

Значения величин , согласно выражению (31), определим как — .

Здесь следует отметить, что при отсутствии ограничителя скорости, значения численно будут равны передаточным числам на соответствующей передаче . Но в данном случае предельная скорость определена нормативами по ограничению скорости км/ч. Тогда:

$$\text{---} ; \text{---} ; \text{---} ;$$





$$\frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} ;$$

аналогично для дороги с сопротивлением (опуская нулевые значения):

$$\frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} ;$$

для дороги с сопротивлением (опуская нулевые значения):

$$\frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} ;$$

для дороги с сопротивлением (опуская нулевые значения):

$$\frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} ;$$

для дороги с сопротивлением (опуская нулевые значения):

$$\frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} ;$$

для дороги с сопротивлением (опуская нулевые значения):

$$\frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} + \frac{\dots}{\dots} ;$$

для дороги с сопротивлением (опуская нулевые значения):

$$\frac{\dots}{\dots} + \dots ;$$

для дороги с сопротивлением (опуская нулевые значения):

$$\frac{\dots}{\dots} ;$$

для дороги с сопротивлением (опуская нулевые значения):

$$\frac{\dots}{\dots} .$$

Соответственно, относительное время движения на передаче I L для дороги с  $\dots$  будет равно:

$$\frac{\dots}{\dots} .$$

Результаты расчетов относительного времени движения для других передач и типов дорог сведены в таблицу 16.

*Таблица 16*

Сводная таблица значений относительного времени движения :

<i>f</i>	<b>0,008</b>	<b>0,015</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,1</b>	<b>0,15</b>	<b>0,3</b>
<b><math>\gamma_{VIH}</math></b>	0,6250	0,5070	0,4202	0,2652	0,0740	0,0321	0,0003	0	0
<b><math>\gamma_{VIL}</math></b>	0,0715	0,0781	0,0821	0,0737	0,0360	0,0198	0,0005	0	0
<b><math>\gamma_{VH}</math></b>	0,1121	0,1329	0,1393	0,1441	0,0916	0,0576	0,0019	0	0
<b><math>\gamma_{VL}</math></b>	0,0893	0,1188	0,1416	0,1632	0,1410	0,1076	0,0079	0	0
<b><math>\gamma_{IVH}</math></b>	0,0706	0,1053	0,1330	0,1903	0,2421	0,2179	0,0360	0,0012	0
<b><math>\gamma_{IVL}</math></b>	0,0242	0,0437	0,0622	0,1103	0,2221	0,2533	0,1053	0,0003	0
<b><math>\gamma_{IIIH}</math></b>	0,0069	0,0129	0,0190	0,0447	0,1476	0,2175	0,2699	0,0143	0
<b><math>\gamma_{IIIL}</math></b>	0,0004	0,0013	0,0025	0,0081	0,0414	0,0827	0,3576	0,1048	0
<b><math>\gamma_{I IH}</math></b>	0	0	0	0,0003	0,0042	0,0115	0,2018	0,4338	0
<b><math>\gamma_{I IL}</math></b>	0	0	0	0	0	0,0003	0,0186	0,3947	0
<b><math>\gamma_{IH}</math></b>	0	0	0	0	0	0	0,0002	0,0510	0,0248
<b><math>\gamma_{IL}</math></b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,9752

Для определения средней скорости по выражению (34) обозначим через все выражение в правой части (34), кроме . При этом, чтобы использовать данные относительного времени движения на каждой передаче из таблицы 16, нужно преобразовать с учетом выражения (32), добавив в числитель дроби , т.е.:

$$\frac{\dots}{\dots} ; \text{откуда}$$

$$\frac{\dots}{\dots} = \dots$$

Таким образом, величина для дорог с сопротивлением равна:

$$\frac{\dots}{\dots + \dots + \dots + \dots + \dots} ;$$

аналогично для дороги с сопротивлением (опуская нулевые значения):

$$\frac{\dots}{\dots + \dots + \dots + \dots} = \dots ;$$

для дороги с сопротивлением (опуская нулевые значения):

$$\frac{\dots}{\dots + \dots + \dots + \dots} = \dots ;$$

для дороги с сопротивлением (опуская нулевые значения):

$$\frac{\dots}{\dots + \dots + \dots + \dots} ;$$

для дороги с сопротивлением (опуская нулевые значения):

$$\frac{\dots}{\dots + \dots + \dots + \dots}$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{v_3}{v_4} + \dots$$

для дороги с сопротивлением (опуская нулевые значения):

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{v_3}{v_4} + \dots$$

для дороги с сопротивлением (опуская нулевые значения):

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{v_3}{v_4} + \dots$$

для дороги с сопротивлением (опуская нулевые значения):

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{v_3}{v_4} + \dots =$$

для дороги с сопротивлением (опуская нулевые значения):

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{v_3}{v_4} + \dots$$

Величина удельной мощности, согласно выражению (28) равна:

$$P = \dots$$

И, наконец, средняя скорость движения для дороги с сопротивлением равна:

$$v_{ср} \text{ км/ч.}$$

Результаты вычислений средних скоростей движения для других типов дорог сведем в таблицу 17.

Сводная таблица значений средних скоростей движения , км/ч:

$f$	0,008	0,015	0,02	0,03	0,05	0,06	0,1	0,15	0,3
$A$	6,8942	6,3322	5,8956	5,0107	3,5367	3,0084	1,8404	1,2289	0,6933
$V_{св}$	69,35	63,70	59,31	50,41	35,58	30,26	18,51	12,36	6,97

На основании данных таблицы 17 строим зависимость величины от величины сопротивления качению (рис. 5).

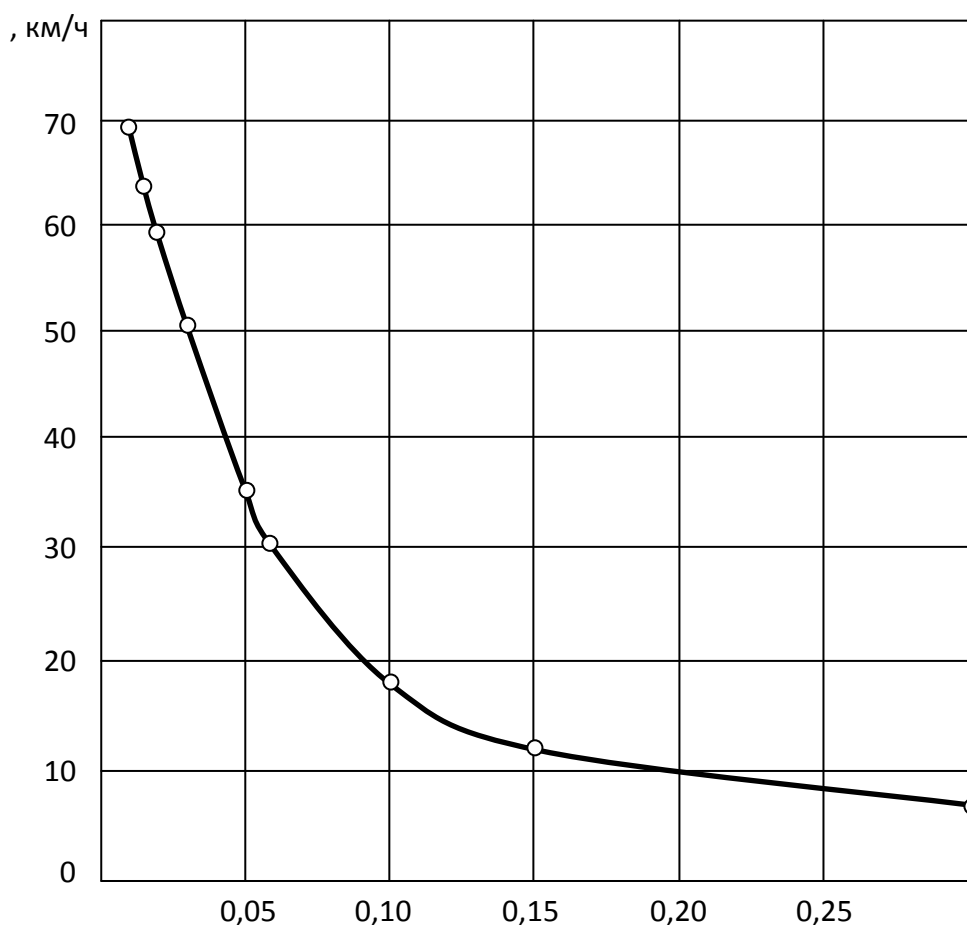


Рис. 5. Зависимость средней скорости автомобиля от сопротивления качению.

Далее рассмотрим задачу определения средней скорости на заданном маршруте. По условиям задачи маршрут движения Нижний Новгород - Будапешт. Общее расстояние перевозки 2420 км; из них по России - 1045 км, по Украине - 1050 км, по Венгрии 325 км [4,6]. При этом на всем маршруте следования движение по городам осуществляется только в местах погрузки/выгрузки.

Применительно к международным автомобильным перевозкам действует требование обязательного движения по федеральным трассам, оснащенным пунктами весового и транспортного контроля. Согласно СНиП 2.05.02-85 это дороги категории Ia с дорожным покрытием Д1, которые обладают высокими

показателями технических характеристик дорог, поэтому, используя данные таблицы 1, установим значения коэффициента качению следующим образом:

Россия и СНГ (2020 км) - \_\_\_\_\_ ;  
Венгрия (300 км) - \_\_\_\_\_ ;  
Движение по городам (100 км) - \_\_\_\_\_ .

Определим частоты встречи пути того или иного типа:

\_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ .

Значения средних скоростей для различных типов дорог определим по таблице 17 и рис. 5:

\_\_\_\_\_ км/ч; \_\_\_\_\_ км/ч; \_\_\_\_\_ .

Согласно выражению (35) определяем среднюю скорость движения автомобиля в заданных условиях движения:

\_\_\_\_\_

Полученные результаты будут использованы для расчета графика движения транспортных средств по маршруту следования.

## 6. Отчет о работе

Работа считается выполненной, если студент определил среднюю скорость движения АТС на заданном маршруте по форме (раздел 5.1), с учетом вышеописанных требований и согласно своему заданию.

## 7. Варианты заданий

№ варианта	Мощность двигателя, л.с.	при ЧВКВ, мин <sup>-1</sup>	Крутящий момент, Н·м	при ЧВКВ, мин <sup>-1</sup>	Радиус качения, м	Колея/высота АТС, м	Коэффициент обтекаемости	Общий КПД
1	310	1800	1625	1100	0,425	2,2/3,9	0,71	0,84
2	320	1800	1650	1100	0,430	2,2/3,9	0,70	0,84
3	330	1800	1675	1100	0,435	2,2/3,9	0,69	0,84
4	340	1800	1700	1100	0,440	2,2/3,9	0,68	0,84
5	350	1900	1725	1200	0,445	2,2/3,9	0,67	0,85
6	360	1900	1750	1200	0,450	2,2/3,9	0,66	0,85
7	370	1900	1775	1200	0,455	2,2/3,9	0,65	0,85
8	380	1900	1800	1200	0,460	2,2/3,9	0,64	0,85
9	390	2000	1825	1300	0,465	2,2/3,9	0,63	0,86
10	400	2000	1850	1300	0,470	2,2/3,9	0,62	0,86
11	410	2000	1875	1300	0,475	2,2/3,9	0,61	0,86
12	420	2000	1900	1300	0,480	2,2/3,9	0,60	0,86
13	430	2100	1925	1400	0,485	2,2/3,9	0,59	0,87
14	440	2100	1950	1400	0,490	2,2/3,9	0,58	0,87
15	450	2100	1975	1400	0,495	2,2/3,9	0,57	0,87
16	460	2100	2000	1400	0,500	2,2/3,9	0,56	0,87

### Передаточные числа 8-ступенчатой КП

№ вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	Главн.
1	10.00	7.03	5.67	4.18	2.87	1.77	1.09	1.00	3.01
2	10.02	7.05	5.69	4.20	2.89	1.79	1.11	1.00	3.02
3	10.04	7.07	5.71	4.22	2.91	1.81	1.13	1.00	3.03
4	10.06	7.09	5.73	4.24	2.93	1.83	1.15	1.00	3.04
5	10.08	7.11	5.75	4.26	2.95	1.85	1.17	1.00	3.05
6	10.10	7.13	5.77	4.28	2.97	1.87	1.19	1.00	3.06
7	10.12	7.15	5.79	4.30	2.99	1.89	1.21	1.00	3.07
8	10.14	7.17	5.81	4.32	3.01	1.91	1.23	1.00	3.08
9	10.16	7.19	5.83	4.34	3.03	1.93	1.25	1.00	3.09
10	10.18	7.21	5.85	4.36	3.05	1.95	1.27	1.00	4.00
11	10.20	7.23	5.87	4.38	3.07	1.97	1.29	1.00	4.01
12	10.22	7.25	5.89	4.40	3.09	1.99	1.31	1.00	4.02
13	10.24	7.27	5.91	4.42	3.11	2.01	1.33	1.00	4.03
14	10.26	7.29	5.93	4.44	3.13	2.03	1.35	1.00	4.04
15	10.28	7.31	5.95	4.46	3.15	2.05	1.37	1.00	4.05
16	10.30	7.33	5.97	4.48	3.17	2.07	1.39	1.00	4.06

Примечание. Студент выбирает вариант задания согласно своему порядковому номеру в списке группы.



### Рекомендуемая литература (источники)

1. **Новиков О.А., Уваров В.Н.**, Вероятностные методы решения задач автомобильного транспорта: Изд-во «Транспорт», 1969. -136 с.
2. **Песков В.И., Сердюк В.И, Сердюк А.Е.**, Совершенствование эксплуатационных качеств автомобиля: монография, НГТУ им. Р.Е. Алексеева. - Н.Новгород, 2009. - 135 с.
3. **Кузьмин Н.А., Борисов Г.В.**, Научные основы процессов изменения технического состояния автомобилей: монография, НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Н.Новгород, 2012. - 270 с.
4. Атлас автомобильных дорог, Минск: Янсеян, 2009. – 208 с.
5. <http://www.asmap.ru> – официальный сайт Ассоциации международных автомобильных перевозчиков.
6. <http://www.ati.su> – сайт «Автотрансинфо», определитель расстояний.

## Лабораторная работа № 3

### СОСТАВЛЕНИЕ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО МАРШРУТУ

#### 1. Основные положения теории

Основным документом, регламентирующим режим труда и отдыха водителей, выполняющие внутренние (федеральные) перевозки, т.е. перевозки без пересечения границ РФ, является «Положение об особенностях режима рабочего времени и времени отдыха водителей автомобилей» согласно приказа Минтранса РФ №15 от 20.08.04.

В том случае, когда автотранспортное средство (АТС) пересекает границу РФ в течение одной перевозки, т.е. совершает международные автомобильные перевозки (МАП), режим труда и отдыха водителей регламентируется таким документом, как «Европейское соглашение, касающееся работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки» (ЕСТР) от 01.07.70 (с изменениями по состоянию на 01.01.99).

Однако, положения ЕСТР не применяются к МАП грузов, совершаемым:

- АТС, используемыми для перевозки грузов, разрешенная максимальная масса которых не превышает 3,5 т;
- АТС, используемыми для перевозки пассажиров, и которые имеют не более 9 мест, включая водителя;
- АТС, используемыми для перевозки пассажиров на регулярных линиях, протяженность которых не превышает 50 км;
- АТС, разрешенная максимальная скорость которых не превышает 30 км/ч;
- АТС, используемыми (находящимися в ведении) вооруженными силами, органами гражданской обороны, пожарной службой и силами поддержания общественного порядка и т.д.;
- АТС, используемыми в чрезвычайных обстоятельствах или в ходе спасательных операций;
- специальными АТС, используемыми в медицинских целях;
- АТС, перевозящими цирковое или ярмарочное оборудование;
- специальными аварийными АТС;
- АТС, проходящими дорожные испытания в целях совершенствования техники, ремонта или обслуживания, и новыми или переоборудованными АТС, которые еще не сданы в эксплуатацию;
- АТС, используемыми для некоммерческих перевозок грузов для личного пользования;
- АТС, используемыми и предназначенными для кормления животных.

Согласно ЕСТР, минимальный возраст водителей грузовых АТС, разрешенная максимальная масса которых, включая прицепы и полуприцепы, не превышает 7,5 т должен составлять 18 лет. Водители АТС, осуществляющих МАП грузов, должны быть не моложе 21 года, или 18 лет при условии наличия

у них удостоверений о профессиональной пригодности, подтверждающих окончание ими курсов подготовки водителей АТС для МАП грузов.

Минимальный возраст водителей, занятых на МАП пассажиров, должен составлять 21 год, и при выполнении МАП пассажиров по маршрутам в радиусе более 50 км от места приписки АТС, должен отвечать одному из условий:

- иметь стаж работы не менее 1 года в качестве водителя АТС, разрешенная максимальная масса которых превышает 3,5 т;
- иметь стаж работы не менее 1 года в качестве водителя АТС для МАП пассажиров в радиусе до 50 км от места приписки этих АТС или на других видах пассажирских перевозок;
- иметь удостоверение о профессиональной пригодности, подтверждающее, окончание курсов подготовки водителей АТС для МАП пассажиров.

Согласно ЕСТР, нормируемое время состоит из продолжительности управления, перерывов и продолжительности отдыха.

Продолжительность управления между любыми двумя периодами ежедневного отдыха или между ежедневным периодом отдыха и еженедельным периодом отдыха, именуемая ниже «ежедневная продолжительность управления», не должна превышать 9 часов. (ЕСТР ст.6.1) (рис.1, [3]).

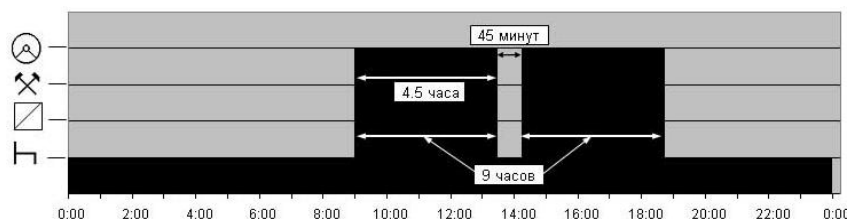


Рис.1. Графическое отображение содержания ст.6.1 ЕСТР

- ⊗ – время управления автомобилем;
- ⌘ – время прочей работы;
- ▣ – время присутствия на рабочем месте;
- — перерывы и время отдыха.

Продолжительность управления может быть увеличена дважды в течение любой одной недели до 10 часов. (ЕСТР ст.6.1) (рис.2 [3]).

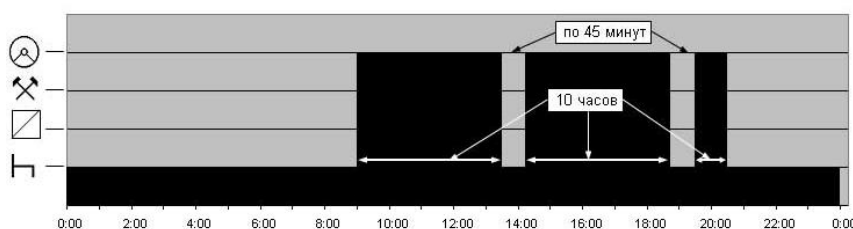


Рис.2. Графическое отображение содержания ст.6.1 ЕСТР

Общая продолжительность управления на протяжении любых двух недель не должна превышать 90 часов. (ЕСТР ст.6.2)

После управления в течение 4,5 часов водитель должен сделать перерыв, по крайней мере на 45 минут, если не наступает период отдыха. (ЕСТР ст.7.1), который может быть заменен перерывами не менее 15 минут каждый, распределенными в период управления. В течение этих перерывов водитель не дол-

жен выполнять никакой другой работы. Эти перерывы не могут рассматриваться в качестве ежедневных периодов отдыха. (ЕСТР ст.7) (рис.3 [3]).

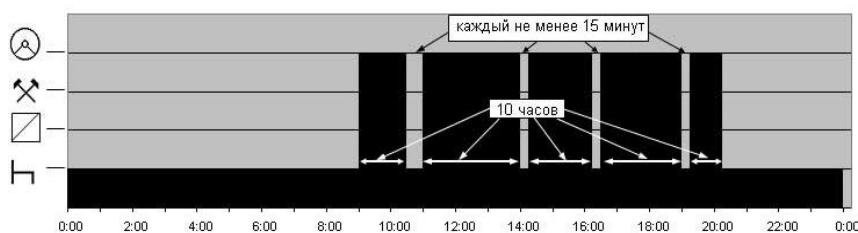


Рис.3. Графическое отображение содержания ст.7 ЕСТР

В течение каждых двадцати четырех часов водитель должен иметь непрерывный ежедневный отдых не менее 11 часов, который может быть сокращен до минимум 9 часов не более трех раз в течение любой одной недели при условии, что до конца следующей недели в качестве компенсации водителю предоставляется эквивалентный отдых. (ЕСТР ст.8.1) (рис.4 [3]).

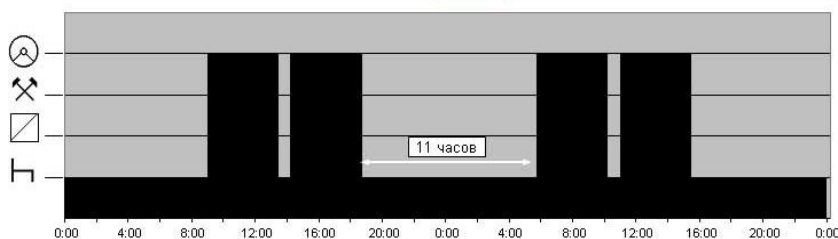


Рис.4. Графическое отображение содержания ст.8.1 ЕСТР

Продолжительность отдыха может быть разбита на два или три отдельных периода в течение двадцати четырех часов, один из которых должен составлять не менее 8 последовательных часов. В этом случае минимальная продолжительность отдыха увеличивается до 12 часов. (ЕСТР ст.8.1) (рис.5 [3]).

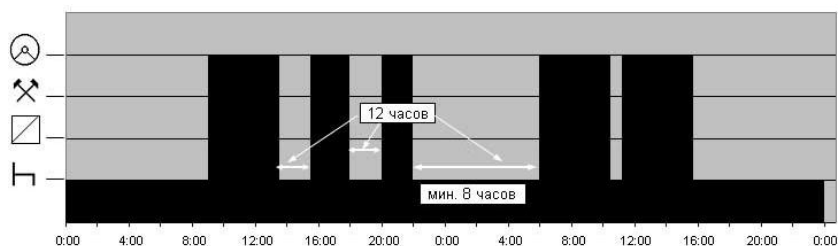


Рис.5. Графическое отображение содержания ст.8.1 ЕСТР

Если в течение каждых 30 часов АТС управляли по крайней мере два водителя, каждый водитель должен иметь период отдыха, продолжительностью не менее 8 последовательных часов. (ЕСТР ст.8.2) (рис.6 [3]).

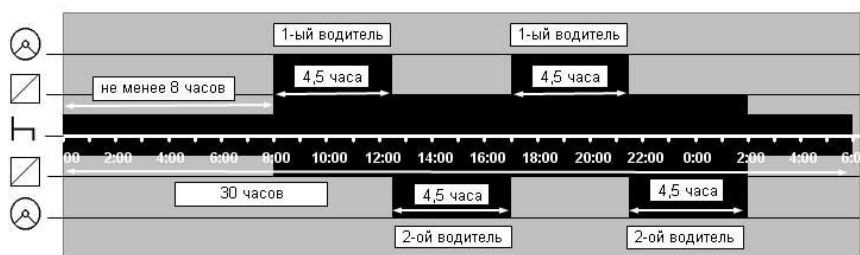


Рис.6. Графическое отображение содержания ст.8.2 ЕСТР

После максимум шести ежедневных периодов управления водитель должен получить еженедельный период отдыха. (ЕСТР, ст.6.1) (рис.7 [3]).

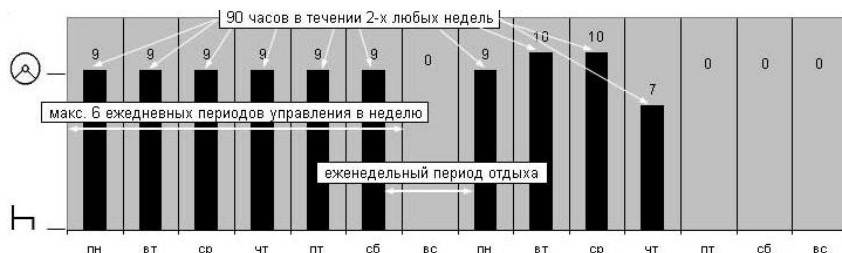


Рис.7. Графическое отображение содержания ст.6.1 ЕСТР

Еженедельный период отдыха должен составлять в общей сложности 45 последовательных часов. Этот период отдыха может быть сокращен до 36 последовательных часов, если он используется в обычном месте приписки АТС или в месте приписки водителя, или до 24 последовательных часов, если он используется в любом другом месте. (ЕСТР ст.8.3) (рис.8 [3]). Еженедельный период отдыха, который начинается в течение одной недели и продолжается в течение следующей недели, может быть присоединен к одной из этих недель.

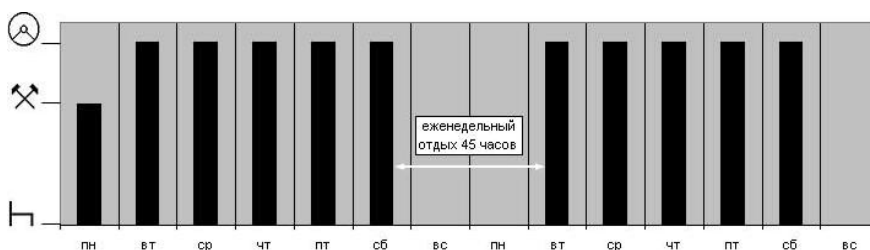


Рис.8. Графическое отображение содержания ст.8.3 ЕСТР

Любое сокращение продолжительности отдыха должно быть компенсировано эквивалентным временем отдыха, если оно используется целиком до конца третьей недели, которая следует за данной неделей. (ЕСТР ст.8.3) (рис.9 [3]) иллюстрирует обязательность компенсации недостатка отдыха до окончания третьей недели для случая (а) и возможность компенсации недостатка отдыха для случаев (б) и (с).

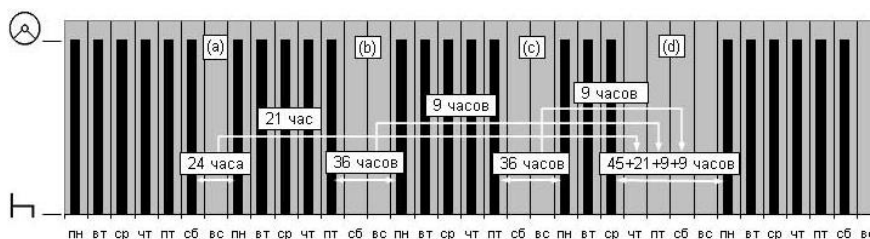


Рис.9. Графическое отображение содержания ст.8.3 ЕСТР

Любой отдых, используемый в качестве компенсации за сокращение ежедневного и/или еженедельного периода отдыха должен присоединяться к другому периоду отдыха продолжительностью не менее 8 часов и предоставляться в месте стоянки АТС или приписки водителя. (ЕСТР ст. 8.6) (рис.10 [3]).

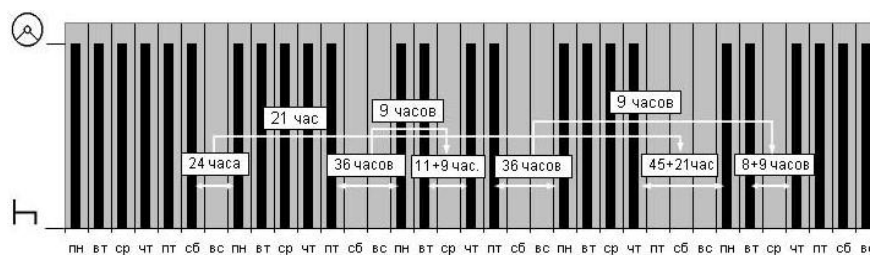


Рис.10. Графическое отображение содержания ст.8.4 ЕСТР

Кроме норм времени, ЕСТР регламентирует также требования к контрольному устройству (тахографу), который фиксирует показания времени продолжительности управления, других периодов работы или нахождения на рабочем месте, перерывов в работе и ежедневных периодов отдыха, скорости движения, пройденного расстояния и факт вскрытия корпуса (например, при линейной проверке соответствующими органами) на регистрационных листках (тахограммах, рис.11) или в виде распечатки (для цифровых тахографов), порядок их представления на пунктах пограничного перехода и хранения на АТП.

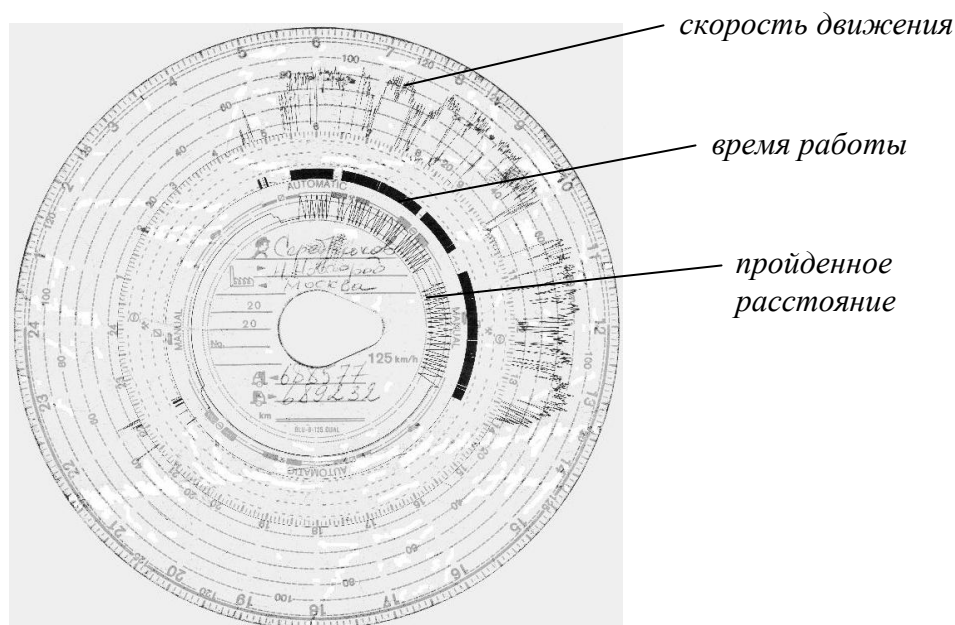


Рис.11. Графическое изображение тахограммы

Кроме ЕСТР, в странах ЕС действует Постановление № 561/2006, также регламентирующее режим труда и отдыха водителей, применяемое для перевозчиков стран ЕС. Несмотря на похожую общую структуру, эти документы все же имеют ряд различий. В практике МАП российские перевозчики должны руководствоваться следующими положениями (табл. 1):

1. В случае осуществления двухсторонних и транзитных МАП через территорию стран участниц ЕС российские перевозчики должны руководствоваться правилами ЕСТР.
2. МАП, осуществляемые исключительно в рамках ЕС или между странами ЕС (например, при использовании разрешения ЕКМТ), должны осуществляться согласно Постановления ЕС №561/2006 независимо от того, в какой стране зарегистрировано транспортное средство.

*Таблица 1*

**Сравнение режимов труда и отдыха в ЕСТР и в Постановлении 561/2006 (ЕС)**

Режим	ЕСТР	Постановление 561/2006 (ЕС)
Макс. время непрерывного управления	4,5 часа	4,5 часа
Мин. время перерыва	45 минут, разделение на интервалы не короче 15 минут	45 минут, допускается разбивать на 2 интервала (первый 15 и второй 30 минут)
Макс. время управления в сутки	9 часов, допускается по 10 часов 2 дня в неделю	9 часов, допускается по 10 часов 2 дня в неделю
Макс. время управления в неделю / в две недели	90 часов в течение любых 2-х недель	56 часов в неделю, 90 часов в течение любых 2-х недель
Мин. время ежедневного отдыха <sup>1</sup>	11 часов, - по 9 часов до 3 дней в неделю <sup>2</sup> ; - по 12 часов, в 2 или 3 интервала, один из которых не короче 8 часов, остальные не короче 1 часа	11 часов, - по 9 часов до 3 дней в неделю; <sup>2</sup> - по 12 часов, в 2 интервала, один из которых не короче 3 и второй не короче 9 часов
Мин. время еженедельного отдыха	45 часов, 36 часов на месте базирования <sup>3</sup> ; 24 часа в любом другом месте <sup>3</sup>	45 часов, по 24 часа не более одного раза в любые две последовательные недели <sup>3</sup>
2-водителя и более	В течение 30 часов работы каждый водитель должен иметь отдых не менее 8 часов непрерывно	В течение 30 часов работы каждый водитель должен иметь отдых не менее 9 часов непрерывно
Примечания	<sup>1</sup> использовать спальное место в кабине АТС для отдыха допускается только на стоянке и только для ежедневного отдыха.	<sup>1</sup> использовать спальное место в кабине АТС для отдыха допускается только на стоянке для ежедневного и сокращенного еженедельного отдыха.
	<sup>2</sup> сокращение продолжительности непрерывного ежедневного отдыха допускается при условии компенсации до конца следующей недели.	<sup>2</sup> сокращение продолжительности непрерывного ежедневного отдыха допускается без необходимости последующей компенсации.
	<sup>3</sup> сокращение продолжительности	<sup>3</sup> сокращение продолжительности

	еженедельного отдыха компенсируется эквивалентным временем отдыха, целиком, до конца третьей недели, следующей за данной.	еженедельного отдыха компенсируется эквивалентным временем отдыха, целиком, до конца третьей недели, следующей за данной.
	Любой отдых, используемый в качестве компенсации, присоединяется к другому, продолжительностью не менее 8 часов в месте стоянки АТС или приписки водителя.	Любой отдых, используемый в качестве компенсации присоединяется к другому, продолжительностью не менее 9 часов в месте стоянки АТС или приписки водителя.
	Водитель должен иметь регистрационные листки за текущую неделю и за последний день предыдущей недели, во время которого он управлял АТС.	Водитель должен иметь регистрационные листки за текущий день и предыдущие 28 дней.

В заключении следует отметить, что на основании ст.9 ЕСТР, для обеспечения безопасности дорожного движения и достижения удобного места стоянки<sup>8</sup> (например, до населенного пункта), водитель может отходить от положений ЕСТР, в той мере, в которой это необходимо для обеспечения безопасности находящихся в АТС лиц, самого АТС или находящего в нем груза.

Вместе с тем, предприятие должно организовывать перевозки таким образом, чтобы водитель(и) могли соблюдать положения ЕСТР, и, в случае обнаружения нарушений, оно должно устранить их и принять меры к недопущению их в будущем, например, путем изменения графиков работы и маршрутов движения (ЕСТР ст.11.2), что и составляет цели и задачи данной работы.

## **2. Цель работы**

Целью работы является составление графика движения АТС при осуществлении МАП, для определения количества кругорейсов, выполняемое 1 (одним) автопоездом за 1 (один) календарный месяц с соблюдением международных нормативов в области МАП, которое позволяет планировать работу АТС на длительный период и, при знании действующих тарифов, – планировать доходы АТП от данного вида деятельности.

## **3. Организация выполнения работы**

Для проведения работы студентам предоставляются:

- раздаточный материал (атлас автомобильных дорог РФ и Европы) или доступ в компьютерный класс кафедры для составления маршрута движения;
- нормативные акты в области режима труда и отдыха водителей, занятых на МАП (ЕСТР, Постановление ЕС №561/2006);
- раздаточный материал для ознакомления (образцы тахограмм, распечатки цифровых тахографов).

## **4. Охрана труда и техника безопасности**

К работе допускаются студенты, ознакомленные с правилами охраны труда и техники безопасности, разработанными для лабораторий и компьютерного класса кафедры.



## 5. Содержание и порядок выполнения работы

Знание норм времени, отводимых на управление и отдых водителя, с одной стороны и режима работы организаций, участвующих в перевозочном процессе (грузоотправители, грузополучатели, таможенные органы и т.д.) с другой, позволяет планировать работу (и, конечно же, уровень доходов) (АТС) предприятия на длительный период.

Расчет проведен на примере МАП Н.Новгород – Хельсинки (Финляндия) через пограничный переход (пп) Торфяновка, и включает в себя: определение маршрута движения АТС, составление графика движения АТС на 1 (один) календарный месяц (30 последовательных дней) и расчет количества кругорейсов, выполняемых 1 (одним) автопоездом, в составе седельного тягача и тентового полуприцепа, управляемым 2-мя водителями порейсово.

Любая МАП осуществляется в следующем порядке (рис.12): после погрузки груза в пункте грузоотправителя АТС направляется в пункт таможенного контроля места отправления для таможенного оформления груза, и после успешного выполнения таможенных процедур направляется на пограничный пункт для прохождения таможенного и транспортного контроля на границе; после пересечения границ(ы) и перед разгрузкой груза АТС направляется в пункт таможенного контроля места назначения, и после успешного выполнения таможенных процедур следует на разгрузку груза в пункте грузополучателя. Изменение и нарушение данного порядка осуществления МАП недопустимо и приводит к строгим санкциям со стороны таможенных органов как России, так и других государств.

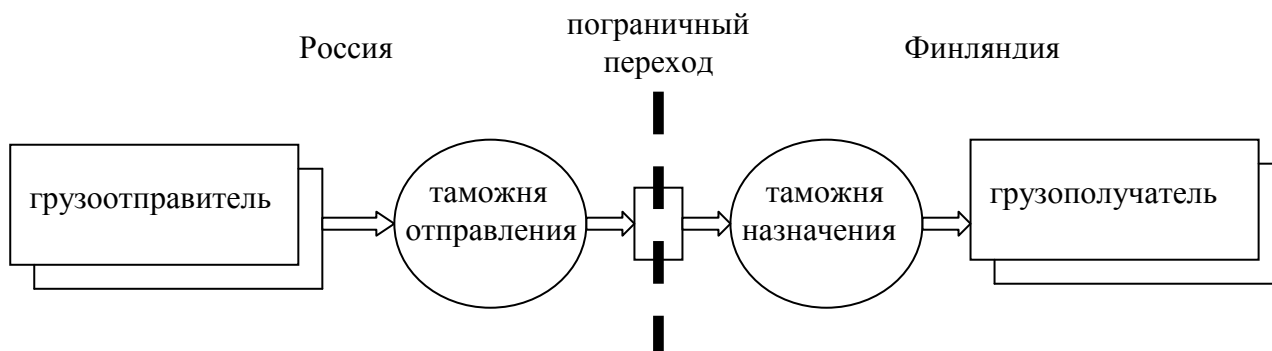


Рис.12. Графическое изображение МАП

Согласно международным требованиям, любая МАП должна производиться по дорогам федерального значения (оборудованных пунктами весового контроля, службами транспортного надзора и др.) и в нашем примере маршрут движения проходит по трассе М7 (Е22) (Нижний Новгород –235 км– Владимир –168 км– Москва МКАД), далее по трассе М10 (Е105) (Москва МКАД –145 км– Тверь –381 км– Великий Новгород –173 км– Санкт-Петербург –133 км– Выборг –57 км– пп Торфяновка) и далее по дорогам Финляндии (Е18) (пп Торфяновка – 43 км– (Намина, FIN) –149 км– (Helsinki, FIN) (табл. 2 [2])

## Маршрут движения АТС

№ пп	Пункт отправления	Пункт назначения	Трасса	Расстояние, км	Страна
1	Нижний Новгород	Владимир	М7	235	Россия
2	Владимир	Москва МКАД	М7	168	Россия
3	Москва МКАД	Тверь	М10	145	Россия
4	Тверь	Великий Новгород	М10	381	Россия
5	Великий Новгород	Санкт-Петербург	М10	173	Россия
6	Санкт-Петербург	Выборг	М10	133	Россия
7	Выборг	Торфяновка пп	М10	57	Россия
8	Торфяновка пп	Хамина (Hamina)	E18	43	Финляндия
9	Хамина (Hamina)	Хельсинки	E18	149	Финляндия
Σ				1484 ( <b>1500</b> )	
Σ RUS			из них:	1292 ( <b>1300</b> )	Россия
Σ FIN				192 ( <b>200</b> )	Финляндия

Итак, расстояние по маршруту движения автопоезда составляет 1484 км, при этом расстояние движения по России до границы с Финляндией составляет 1292 км (пп – Торфяновка), расстояние по иностранной (финляндской) территории составляет 192 км. Однако, в целях настоящего расчета, для дальнейших расчетов примем округленное расстояние, учитывающее некоторые погрешности фактического пробега, связанные с объездами, маневрированием АТС в пунктах погрузки / разгрузки и т.д. Таким образом, расчетное расстояние по маршруту Нижний Новгород – Хельсинки составляет 1500 км, из них по России (Нижний Новгород – Торфяновка пп) – 1300 км, по территории Финляндии (Торфяновка пп – Хельсинки) – 200 км.

Кроме этого, при расчете количества выполненных кругорейсов учитывается календарная продолжительность работы организаций, оказывающих непосредственное влияние на выполнение МАП (режим работы грузоотправителя, таможи отправления, таможенного и транспортного контроля на пограничных переходах, таможи назначения, грузополучателя).

При следующем общем порядке осуществления МАП (рис. 12): грузоотправитель → таможня(и) места отправления → пограничный(е) переход(ы) → таможня(и) места назначения → грузополучатель, в дальнейших расчетах приняты следующие обозначения и допущения:

**П** – погрузка (временная продолжительность загрузки грузового помещения АТС), при стандартной работе соответствующих служб грузоотправителя принимается – 3 часа;

**Л** – линия (временная продолжительность движения АТС), принимается согласно требованиям ЕСТР в части ограничений по максимальному непрерывному, ежедневному времени управления;

**Т** – таможня (временная продолжительность выполнения таможенных процедур сотрудниками таможенных служб мест отправления и назначения), исходя из практики работы принимается – 3 часа;

**Г** – пограничный переход (временная продолжительность осуществления таможенных и транспортных процедур сотрудниками таможенных и транспорт-

ных служб пограничных постов), в зависимости от сезонности перевозок принимается, в среднем – 6 часов;

**Р** – разгрузка (временная продолжительность освобождения грузового помещения АТС), при стандартной работе соответствующих служб грузополучателя принимается – 3 часа;

**С** – перерыв (временная продолжительность, обусловленная требованиями ЕСТР в части ограничения непрерывной продолжительности управления);

**О (ПР)** – отдых (простой) (временная продолжительность, обусловленная требованиями ЕСТР, ограничениями работы соответствующих служб или неиспользованием АТС).

Кроме вышеописанных обозначений принимаются допущения:

- начало рабочего дня – 9.00;
- конец рабочего дня (кроме служб таможенного и транспортного контроля на пограничных постах) – 18.00;
- режим работы служб таможенного и транспортного контроля на пограничных постах – 24 часа в сутки 7 дней в неделю;
- календарная недельная продолжительность работы служб погрузки автотранспорта грузоотправителя – 5 дней в неделю (понедельник – пятница);
- календарная недельная продолжительность работы сотрудников таможен мест отправления и назначения – 5 дней в неделю (понедельник – пятница);
- календарная недельная продолжительность работы служб разгрузки автотранспорта грузополучателя – 6 дней в неделю (понедельник – суббота);
- расстояние между грузоотправителем и таможенной отправления принимается – 50 км (внутри города);
- расстояние между таможенной назначения и грузополучателем принимается – 50 км (внутри города);
- расстояние между пунктами разгрузки и погрузки в обратном (импортном) направлении в стране грузополучателя принимается – 0 км (обратная загрузка на том же предприятии), место разгрузки для импортных перевозок принят Нижний Новгород;
- время, меньшее 1 (одного) часа округляется до 1 часа (в частности, время движения между таможенной назначения и грузополучателем, перерывы);
- в целях настоящего расчета не учитывается наличие международных и национальных праздничных дней.

Соответственно существующим национальным и международным ограничениям (скорость движения грузового автотранспорта по городу – не более 60 км/ч; на автомагистралях – не более 90 км/ч; согласно устройств ограничения скорости седельных тягачей автотранспортных поездов – 86 км/ч) средняя скорость движения автотранспорта принимается – 70 км/ч. Выбор средней скорости движения автопоезда обусловлен наличием минимального движения по городам по маршрутам следования (места погрузки/разгрузки) и обязательным условием движения по федеральным трассам применительно к международным автомобильным перевозкам. Расчеты произведены расстояниям (табл.2).

При расчете среднего количества кругорейсов за месяц учитывается, что АТС начинает работу в разные дни недели (понедельник – пятница). С учетом оговоренных выше условий в первый день работы (понедельник) в 9.00 утра АТС становится под погрузку, после ее окончания в 12.00 АТС следует на таможенную, проезжая при этом 50 км за ≈40 мин (1 час), с 13.00 до 16.00 груз проходит таможенную обработку, после чего он может продолжить движение по маршруту в течение 4,5 часов (315 км, г.Покров, М7), т.е. до 20.30, после чего сделать перерыв на 45 мин (1 час), т.е. до 21.30 и продолжить движение до места стоянки (145 км, г.Клин, М10) до 23.30 и прекратить работу (табл. 3).

Таблица 3

График движения АТС по маршруту (начало – понедельник)

дни	1 водитель			Работа	2 водитель		
	пробег, км	управление (норма), ч	отдых (норма), ч		пробег, км	управление (норма), ч	отдых (норма), ч
1	510	7,5 (9)	9 (11)	<sup>9</sup> П <sup>12</sup> Л <sup>13</sup> Т <sup>16</sup> Л <sup>20.30</sup> С <sup>21.30</sup> Л <sup>23.30</sup> О	-	-	-
2	650	9,5 (9)	11 (11)	<sup>8.30</sup> Л <sup>13</sup> С <sup>14</sup> Л <sup>18.30</sup> С <sup>19.30</sup> Л <sup>20</sup> О	-	-	-
3	390	5,5 (9)	13,5 (11)	<sup>7</sup> Л <sup>10.30</sup> Г <sup>16.30</sup> Л <sup>19.30</sup> О	-	-	-
4	50	1 (9)	15 (11)	<sup>9</sup> Т <sup>12</sup> Л <sup>13</sup> Р <sup>16</sup> П <sup>18</sup> О	-	-	-
5	250	4 (9)	9 (11)	<sup>9</sup> П <sup>10</sup> Л <sup>11</sup> Т <sup>14</sup> Л <sup>17</sup> Г <sup>23</sup> О	-	-	-
6	700	10 (9)	11 (11)	<sup>8</sup> Л <sup>12.30</sup> С <sup>13.30</sup> Л <sup>18</sup> С <sup>19</sup> Л <sup>20</sup> О	-	-	-
7	0	0	28 (45)	<sup>7</sup> О <sup>24-11</sup>	-	-	-
8	600	8,5 (9)	10,5 (11)	<sup>11</sup> Л <sup>17.30</sup> С <sup>18.30</sup> Л <sup>22.30</sup> О	-	-	-
9	50	1 (9)	+17,5	<sup>9</sup> Т <sup>12</sup> Л <sup>13</sup> Р <sup>16</sup> О	-	-	-
10	-	-	-	<sup>9</sup> П <sup>12</sup> Л <sup>13</sup> Т <sup>16</sup> Л <sup>20.30</sup> С <sup>21.30</sup> Л <sup>23.30</sup> О	510	7,5 (9)	9 (11)
11	-	-	-	<sup>8.30</sup> Л <sup>13</sup> С <sup>14</sup> Л <sup>18.30</sup> С <sup>19.30</sup> Л <sup>20</sup> О	650	9,5 (9)	11 (11)
12	-	-	-	<sup>7</sup> Л <sup>10.30</sup> Г <sup>16.30</sup> Л <sup>19.30</sup> О	390	5,5 (9)	11 (11)
13	-	-	-	<sup>6.30</sup> О <sup>24</sup>	0	0	50,5 (47)
14	-	-	-	<sup>0</sup> О <sup>24-9</sup>	0	0	+0
15	-	-	-	<sup>9</sup> Т <sup>12</sup> Л <sup>13</sup> Р <sup>16</sup> П <sup>18</sup> О	50	1 (9)	15 (11)
16	-	-	-	<sup>9</sup> П <sup>10</sup> Л <sup>11</sup> Т <sup>14</sup> Л <sup>17</sup> Г <sup>23</sup> О	250	4 (9)	9 (11)
17	-	-	-	<sup>8</sup> Л <sup>12.30</sup> С <sup>13.30</sup> Л <sup>18</sup> С <sup>19</sup> Л <sup>20</sup> О	700	10 (9)	11 (11)
18	-	-	-	<sup>7</sup> Л <sup>13.30</sup> С <sup>14.30</sup> Л <sup>18.30</sup> О	600	8,5 (9)	14,5 (11)
19	-	-	-	<sup>9</sup> Т <sup>12</sup> Л <sup>13</sup> Р <sup>16</sup> О	50	1 (9)	+2
20	-	-	-	<sup>0</sup> Пр <sup>24</sup>	-	-	-
21	-	-	-	<sup>0</sup> Пр <sup>24</sup>	-	-	-
22	510	7,5 (9)	9 (11)	<sup>9</sup> П <sup>12</sup> Л <sup>13</sup> Т <sup>16</sup> Л <sup>20.30</sup> С <sup>21.30</sup> Л <sup>23.30</sup> О	-	-	-
23	650	9,5 (9)	11 (11)	<sup>8.30</sup> Л <sup>13</sup> С <sup>14</sup> Л <sup>18.30</sup> С <sup>19.30</sup> Л <sup>20</sup> О	-	-	-
24	390	5,5 (9)	13,5 (11)	<sup>7</sup> Л <sup>10.30</sup> Г <sup>16.30</sup> Л <sup>19.30</sup> О	-	-	-
25	50	1 (9)	15 (11)	<sup>9</sup> Т <sup>12</sup> Л <sup>13</sup> Р <sup>16</sup> П <sup>18</sup> О	-	-	-
26	250	4 (9)	9 (11)	<sup>9</sup> П <sup>10</sup> Л <sup>11</sup> Т <sup>14</sup> Л <sup>17</sup> Г <sup>23</sup> О	-	-	-
27	700	10 (9)	11 (11)	<sup>8</sup> Л <sup>12.30</sup> С <sup>13.30</sup> Л <sup>18</sup> С <sup>19</sup> Л <sup>20</sup> О	-	-	-
28	0	0	28 (45)	<sup>7</sup> О <sup>24-11</sup>	-	-	-
29	600	8,5 (9)	10,5 (11)	<sup>11</sup> Л <sup>17.30</sup> С <sup>18.30</sup> Л <sup>22.30</sup> О	-	-	-
30	50	1 (9)	+17,5	<sup>9</sup> Т <sup>12</sup> Л <sup>13</sup> Р <sup>16</sup> О	-	-	-
Σ	6400	94	214	<b>3,0</b>	3200	47	131

Как видно из табл. 3, при начале выполнения рейсов по указанному маршруту в понедельник, АТС выполнит 3,0 кругорейса в месяц. При этом на конец каждого рабочего дня АТС находится в крупных городах или пунктах, оборудованных охраняемыми стоянками (конец 1-го дня – г. Клин, Московской обл., 2-го – г. С-Петербург, 3-го – г. Хельсинки, 4-го – г. Хельсинки, 5-го – пп Торфяновка, 6 и 7-го – г. Торжок, Тверской обл., 8 и 9-го – г. Н.Новгород, и т.д.), что соответствует требованиям ст.11.2 ЕСТР. Примененная схема управления АТС также оправдана, т.к. исключает излишние простои АТС из-за необходимости предоставления компенсации водителям за сокращение отдыха.

Таблица 4

Расчет среднего количества кругорейсов по маршруту

дни	понедельник	вторник	среда	четверг	пятница
1 пн	ПЛТЛСЛ				
2 вт	ЛСЛСЛ	ПЛТЛСЛ			
3 ср	ЛГЛ	ЛСЛСЛ	ПЛТЛСЛ		
4 чт	ТЛРП	ЛГЛ	ЛСЛСЛ	ПЛТЛСЛ	
5 пт	ПЛТЛГ	ТЛРП	ЛГЛ	ЛСЛСЛ	ПЛТЛСЛ
6 сб	ЛСЛСЛ	О	О	ЛГЛ	ЛСЛСЛ
7 вс	О	О	О	О	ЛГЛ
8 пн	ЛСЛ	ПЛТЛГ	ТЛРП	ТЛРП	ТЛРП
9 вт	ТЛР	ЛСЛСЛ	ПЛТЛГ	ПЛТЛГ	ПЛТЛГ
10 ср	ПЛТЛСЛ	ЛСЛ	ЛСЛСЛ	ЛСЛСЛ	ЛСЛСЛ
11 чт	ЛСЛСЛ	ТЛР	ЛСЛ	ЛСЛ	О
12 пт	ЛГЛ	ПЛТЛСЛ	ТЛР	ТЛР	ЛСЛ
13 сб	О	ЛСЛСЛ	Пр	Пр	О
14 вс	О	ЛГЛ	Пр	Пр	О
15 пн	ТЛРП	ТЛРП	ПЛТЛСЛ	ПЛТЛСЛ	ТЛР
16 вт	ПЛТЛГ	ПЛТЛГ	ЛСЛСЛ	ЛСЛСЛ	ПЛТЛСЛ
17 ср	ЛСЛСЛ	ЛСЛСЛ	ЛГЛ	ЛГЛ	ЛСЛСЛ
18 чт	ЛСЛ	О	ТЛРП	ТЛРП	ЛГЛ
19 пт	ТЛР	ЛСЛ	ПЛТЛГ	ПЛТЛГ	ТЛРП
20 сб	Пр	О	ЛСЛСЛ	ЛСЛСЛ	О
21 вс	Пр	О	О	О	О
22 пн	ПЛТЛСЛ	ТЛР	ЛСЛ	ЛСЛ	ПЛТЛГ
23 вт	ЛСЛСЛ	ПЛТЛСЛ	ТЛР	ТЛР	ЛСЛСЛ
24 ср	ЛГЛ	ЛСЛСЛ	ПЛТЛСЛ	ПЛТЛСЛ	ЛСЛ
25 чт	ТЛРП	ЛГЛ	ЛСЛСЛ	ЛСЛСЛ	ТЛР
26 пт	ПЛТЛГ	ТЛРП	ЛГЛ	ЛГЛ	ПЛТЛСЛ
27 сб	ЛСЛСЛ	О	О	О	ЛСЛСЛ
28 вс	О	О	О	О	ЛГЛ
29 пн	ЛСЛ	ПЛТЛГ	ТЛРП	ТЛРП	ТЛРП
30 вт	ТЛР	ЛСЛСЛ	ПЛТЛГ	ПЛТЛГ	ПЛТЛГ
31 ср		ЛСЛ	ЛСЛСЛ	ЛСЛСЛ	ЛСЛСЛ
32 чт			ЛСЛ	ЛСЛ	О
33 пт				ТЛР	ЛСЛ
34 сб					О
N	3,0	2,9	2,9	3,0	2,9

Как видно из табл. 4 для разных вариантов начала работы АТС не удается сохранить одинаковый график движения из-за несовпадения режима работы организаций (выходные дни – суббота и воскресенье) с периодами отдыха водителей, что приводит к вынужденным простоям АТС на линии. Поскольку в практике перевозок начало работы в очередной месяц может выпасть на любой день недели, то при долгосрочном планировании работы АТС и доходов АТП от перевозок необходимо ориентироваться на среднее значение кругорейсов.

Итак, среднемесячное планируемое количество кругорейсов составит:

$$\overline{N}_{кр} = \frac{\sum_{i=1}^{n=5} N_{кр i}}{n} = \frac{3,0 + 2,9 + 2,9 + 3,0 + 2,9}{5} = 2,94 \quad (1)$$

## 6. Отчет о работе

Работа считается выполненной, если студент определил маршрут движения АТС по форме (табл. 2), составил график движения АТС по форме (табл. 3) с учетом вышеописанных требований и рассчитал среднее количество кругорейсов по форме (табл. 4 и выражение 1).

## 7. Варианты заданий

№ пп	страна	Пункт назначения		
		группа 1	группа 2	группа 3
1	FIN	Оулу (Oulu)	Вааса (Vaasa)	Турку (Turku)
2	EST	Таллинн	Пярну	Тарту
3	LV	Вентспилс	Лиепая	Даугавпилс
4	LT	Клайпеда	Каунас	Вильнюс
5	PL	Гданьск (Gdansk)	Вроцлав (Wroclaw)	Краков (Krakow)
6	D	Бремен (Bremen)	Штутгарт (Stuttgart)	Мюнхен (Munchen)
7	DK	Копенгаген	Альборг (Aalborg)	Оденсе (Odense)
8	NL	Гронинген (Groningen)	Амстердам	Роттердам
9	B	Антверпен (Antwerpen)	Брюгге (Brugge)	Брюссель
10	CZ	Прага	Брно (Brno)	Оломоуц (Olomouc)
11	A	Линц (Linz)	Зальцбург (Salzburg)	Грац (Graz)
12	SK	Жилина (Zilina)	Братислава	Прешов (Presov)
13	H	Гиор (Gyor)	Пеш (Pecs)	Жегед (Szeged)
14	SLO	Марибор (Maribor)	Любляна	Толмин (Tolmin)
15	RO	Арад ( Arad)	Крайова (Craiova)	Бухарест
16	KZ	Актау	Аральск	Астана

Примечание:

1. Пункт отправления для всех вариантов заданий – Нижний Новгород
2. Студент выбирает вариант задания согласно своему порядковому номеру в списке группы и номеру группы

### Рекомендуемая литература (источники)

7. Европейское соглашение, касающееся работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки (ЕСТР), М.: АСМАП, 1999. – 25 с.
8. Атлас автомобильных дорог, Минск: Янсеян, 2009. – 208 с.
9. <http://www.asmap.ru> – официальный сайт Ассоциации международных автомобильных перевозчиков.
10. <http://www.ati.su> – определитель расстояний.