

629.113

Б393

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ С С С Р

ЧЕЛЯБИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИМЕНИ ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА

---

На правах рукописи

А.Г.БЕЗДОМОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ  
СКОРОСТНЫХ КАЧЕСТВ АВТОМОБИЛЕЙ  
В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Специальность - 05.441 -  
"Автомобильный транспорт"

(Диссертация написана на русском языке)

Автореферат диссертации на  
соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Челябинск - 1972

ЧПИ

629.113.001.2

Работа выполнена на кафедре "Автомобильный транспорт" Челябинского политехнического института имени Ленинского комсомола.

Научный руководитель --  
кандидат технических наук, доцент А.Г.Анискин.

Официальные оппоненты:  
доктор технических наук И.С.Кавьяров,  
кандидат технических наук Г.И.Дмитриев.

Ведущее предприятие --  
Государственный научно-исследовательский институт  
автомобильного транспорта (Уральский филиал).

Автореферат разослан " " апреля 1972 года

Защита диссертации состоится " " мая 1972 года на заседании Совета по присуждению ученых степеней механико-технологического и автотракторного факультетов Челябинского политехнического института.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Просим Вас и Ваших сотрудников, интересующихся темой диссертации, принять участие в заседании Ученого Совета или прислать свои отзывы в двух экземплярах, заверенных печатью Вашего учреждения, по адресу: 454044, г.Челябинск, проспект им. В.И. Ленина, 76, Политехнический институт, Ученый совет института.

Ученый секретарь Совета,  
кандидат технических наук, доцент

*С.Ф.Харин* /С.Ф.Харин/



МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ С С С Р

ЧЕЛЯБИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИМЕНИ ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА

---

На правах рукописи

А.Г. БЕЗДОМОВ

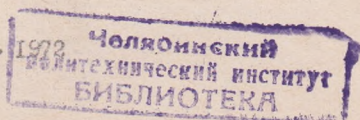
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ  
СКОРОСТНЫХ КАЧЕСТВ АВТОМОБИЛЕЙ  
В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Специальность 05.441 —  
"Автомобильный транспорт"

(Диссертация написана на русском языке)

Автореферат диссертации на  
соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Челябинск —



Работа выполнена на кафедре "Автомобильный транспорт" Челябинского политехнического института имени Ленинского комсомола.

Научный руководитель —

кандидат технических наук, доцент А.Г.Анискин.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук И.С.Кавьяров,  
кандидат технических наук Г.И.Дмитриев.

Ведущее предприятие —

Государственный научно-исследовательский институт  
автомобильного транспорта (Уральский филиал).

Автореферат разослан "        " апреля 1972 года

Защита диссертации состоится "        " мая 1972 года на заседании Совета по присуждению ученых степеней механико-технологического и автотракторного факультетов Челябинского политехнического института.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Просим Вас и Ваших сотрудников, интересующихся темой диссертации, принять участие в заседании Ученого Совета или прислать свои отзывы в двух экземплярах, заверенных печатью Вашего учреждения, по адресу: 454044, г.Челябинск, проспект им. В.И. Ленина, 76. Политехнический институт, Ученый совет института.

Ученый секретарь Совета,  
кандидат технических наук, доцент

 /С.Ф.Харин/

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- $G_a$  — полный вес автомобиля в снаряженном состоянии;  
 $G$  — вес автомобиля с нагрузкой, отличающейся от номинальной;
- $g$  — ускорение силы тяжести;
- $i_{mp}$  — передаточное число трансмиссии;
- $J_1, J_2$  — момент инерции передних и задних колес автомобиля;
- $J_M$  — момент инерции маховика двигателя;
- $j_{cp}$  — среднее ускорение фазы разгона;
- $j$  — ускорение автомобиля;
- $M_{cp}$  — средний крутящий момент двигателя;
- $N_e$  — эффективная мощность двигателя;
- $N_{ecp}$  — средняя эффективная мощность двигателя;
- $N_c$  — мощность внешних сопротивлений;
- $N_c^p$  — мощность двигателя, затрачиваемая безвозвратно в фазе разгона;
- $N_j^I$  — мощность, идущая на разгон массы автомобиля и его колес;
- $N_j^{II}$  — мощность, идущая на разгон массы маховика и других деталей двигателя и трансмиссии;
- $N_k$  — мощность на ведущих колесах автомобиля;
- $N_w$  — мощность, необходимая для преодоления дорожного сопротивления;
- $N_w$  — мощность, необходимая для преодоления сопротивления воздуха;
- $n_e$  — число оборотов коленчатого вала двигателя;
- $n_{ecp}$  — среднее число оборотов коленчатого вала двигателя;
- $n_N$  — число оборотов коленчатого вала двигателя в минуту при максимальной мощности;
- $P_j^I$  — сила инерции приведенной массы автомобиля;

- $P_d''$  - сила инерции приведенной массы маховика и других деталей двигателя, сцепления и трансмиссии;  
 $P_k$  - тяговое усилие на ведущих колесах;  
 $P_v$  - суммарная сила сопротивления дороги;  
 $P_w$  - сила сопротивления воздуха;  
 $G_n$  - грузоподъемность автомобиля;  
 $r_k$  - радиус качения ведущего колеса;  
 $S_g$  - себестоимость автомобильных перевозок;  
 $V_{cp}$  - средняя техническая скорость движения;  
 $V_k$  - конечная скорость разгона;  
 $W$  - фактор обтекаемости автомобиля;  
 $W_g$  - производительность автомобиля;  
 $\alpha$  - процент открытия дроссельной заслонки;  
 $\delta_r, \delta_n$  - коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс автомобиля в фазе разгона и замедления;  
 $\eta_m$  - механический к.п.д. силовой передачи;  
 $\eta_{кв}$  - к.п.д. ведущего колеса;  
 $\lambda$  - потери крутящего момента двигателя при его работе на неустановившемся режиме;  
 $\psi$  - коэффициент сопротивления дороги.

## В В Е Д Е Н И Е

Следуя Ленинскому курсу, съезды нашей Коммунистической партии в своих решениях всегда отмечали, что для осуществления поставленных задач по развитию экономики страны необходим неуклонный рост производительности труда, как главный источник расширенного социалистического воспроизводства и накопления.

Вместе со всеми отраслями народного хозяйства нашей страны бурно развивается автомобильный транспорт, обеспечивающий потребности народного хозяйства и населения страны во всех видах перевозок.

Общеизвестно, что издержки народного хозяйства на все виды автомобильных перевозок еще довольно высоки. Это влечет за собой повышение транспортных расходов в строительстве, сельском хозяйстве и т.д. Отсюда ясно, насколько важна и неотложна задача повышения производительности подвижного состава автотранспорта и снижения себестоимости выполняемых им перевозок.

Для решения поставленных задач необходимо, наряду с увеличением выпуска подвижного состава, использовать все резервы, особенно увеличение средней технической скорости движения и использования грузоподъемности автомобилей.

В повышении средней технической скорости движения скрыты значительные резервы увеличения производительности и снижения себестоимости автоперевозок. Величина средней технической скорости движения в настоящее время еще не велика и оставляет для автотранспорта РСФСР около 26 км/ч. Поэтому определение факторов, способствующих повышению средней технической скорости движения, привлекает все больше внимание исследователей.

Одно из направлений таких исследований — изучение режимов движения автомобиля в эксплуатационных условиях, обеспечивающих реализацию максимальных средних скоростей.

Другим важным направлением в этой области является исследование по определению методов оптимизации конструктивных параметров подвижного состава с целью получения максимальных средних скоростей движения при минимальных затратах энергии двигателя на перемещение автомобиля.

Цель настоящей работы — рассмотреть приспособленность конструкции автомобиля к эффективному выполнению транспортного процесса и исследовать пути повышения скоростных качеств подвижного состава.

Работа содержит пять глав и приложения.

### Состояние вопроса и задачи исследования

Известно, что производительность автомобиля зависит от комплекса параметров, характеризующих его конструкцию, и от показателей, определяющих организацию транспортного процесса. Из всех этих параметров можно выделить среднюю скорость движения, характеризующую динамику выполнения транспортного процесса. Так, из анализа производственно-хозяйственной деятельности автохозяйств Южно-Уральского территориального транспортного управления за 1970—1971 годы автомобиль при выполнении перевозочного процесса находится в движении 75—76% от общего времени в наряде. Из приведенных данных видно, что определяющим фактором ускорения роста производительности подвижного состава является средняя скорость движения автомобиля. Поэтому исследования, направленные на решение этого вопроса, представляют большой научный и практический интерес и имеют народнохозяйственную значимость.

При определении главных факторов, влияющих на среднюю скорость движения и связанных с ней энергозатратами, наиболее правильно рассматривать движение автомобиля в замкнутом цикле, так как в данном случае затраты мощности двигателя в нем полностью реализуются на выполнение транспортного процесса.

Рассматривая активный режим движения в замкнутом цикле установившимся, что на  $V_{ср}$  влияют величины конечной скорости разгона ( $V_k$ ) и средней интенсивности разгона ( $j_{ср}$ ), которые, в свою очередь, для конкретной модели автомобиля зависят от избыточной мощности и применяемых передаточных чисел трансмиссии.

Следовательно, названные конструктивные параметры автомо-



бия и определяют его скоростные возможности для определенных условий эксплуатации (У).

Вопросам выбора мощности двигателя и выбора передаточных чисел трансмиссии автомобиля посвящены исследования Е.А.Чудакова, Г.В.Зимелева, Д.П.Великанов, Н.К.Куликова, М.И.Лурье, Е.М.Платонова и других. В этих исследованиях приводятся значительное количество рекомендаций по выбору мощностных показателей двигателей и по подбору передаточных чисел трансмиссии.

Проведенный анализ величин динамического фактора моделей отечественных автомобилей, отражающего фактическую взаимосвязь между мощностными данными двигателя и применяемыми передаточными числами трансмиссии, показал, что на различных этапах развития автомобилестроения он изменялся как в сторону увеличения, так и снижения. Однако рост скоростных качеств на всех отмеченных этапах имел положительные значения.

Следовательно, развитие конструкции автомобилей должно быть направлено на повышение его производительности, критерием оценки которой является  $V_{ср}$ .

Из рассмотренного материала можно выделить следующее.

1. Средняя скорость движения зависит от интенсивности разгона, которая определяется величиной запаса мощности двигателя и конечной скоростью разгона на каждой из передач. Факторами, определяющими среднюю скорость движения автомобиля на существующем уровне техники является мощность и оборотность двигателя и подобранные при этом передаточные числа трансмиссии.

2. В формировании величины средней скорости движения участвуют ускорение и конечная скорость разгона, поэтому необходимо рассматривать эти два показателя совместно.

3. В проведенных исследованиях, связанных с выбором передаточных чисел трансмиссии, не раскрыта физическая сущность процесса разгона, так как не учитывалось распределение мощности двигателя на выполнение транспортного процесса.

4. Большинство методик предусматривает выбор ряда передаточных чисел трансмиссии, исходя из условий использования ма-

ксимальной мощности двигателя и максимального полного веса, т.е. совершенно не учитываются условия, когда вес, дорожное сопротивление и степень реализации мощности двигателя могут быть переменными величинами в процессе движения автомобиля. Не рассматривается вопрос, как отразится на производительности автомобилей изменение названных условий и степень рационального использования мощности двигателя для выполнения транспортной работы при переменных  $G$ ,  $N_e$  и  $\psi$  и при постоянных  $\zeta_{тр}$ .

Отсюда следует, что конструктивные факторы, определяющие скоростные возможности автомобилей и особенности распределения энергии двигателя при его движении, исследованы недостаточно полно.

Задачи данной работы следующие.

1. Исследовать влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на расход энергии при разгоне автомобиля.
2. Рекомендовать оценочный показатель по степени эффективного использования мощности двигателя, что позволило бы сопоставить конструкции автомобилей по затратам энергии на выполнение транспортного процесса.
3. Рассмотреть приспособленность существующих моделей автомобилей к эффективному выполнению перевозок, взяв за основу показатель энергозатрат, а также определить направления дальнейшего улучшения скоростных качеств подвижного состава.

Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на скоростные качества автомобиля и распределение энергии двигателя по видам сопротивлений

При выполнении транспортного процесса необходимо, чтобы конструкция подвижного состава обеспечивала его движение с наиболее высокими скоростями и при минимальных затратах энергии. Целесообразно рассмотреть насколько рационально удовлетворяют этим условиям конструктивные параметры автомобиля и попытаться наметить рациональные пути их улучшения.

Выявлено, что  $V_{ср}$  зависит от ускорения и конечной скорос-

ти разгона, поэтому рассмотрим зависимость указанных параметров от конструктивных и эксплуатационных факторов.

Известно, что разгона автомобиля осуществляется в определенном диапазоне скоростей на каждой передаче, т.е. при этом реализуется какой-то средний крутящий момент двигателя. С учетом этого выражения для среднего ускорения можно представить так:

$$j_{\text{ср}} = \frac{a i_{\text{тв}}^3 - b i_{\text{тв}}^2 - c}{K i_{\text{тв}}^2 + d i_{\text{тв}}} \quad \text{м/сек}^2, \quad (1)$$

где

$$a = 2 \pi M_{\text{ср}} \chi_{\text{н}}; \quad b = \psi G \chi_{\text{н}}^2; \quad c = 0,0093 \chi_{\text{н}}^2 P_{\text{н}} W;$$

$$K = \frac{G}{g} \chi_{\text{н}}^2 + J_{\text{н}2} \cdot 2 \pi \chi_{\text{н}} + J_{\text{н}}; \quad d = 2 \pi (2 \pi b J_{\text{н}} + K)$$

Зависимость конечной скорости разгона автомобиля от его конструктивных параметров отражена в выражении

$$V_{\text{н}} = 0,377 \frac{\chi_{\text{н}} \chi_{\text{в}}}{i_{\text{тв}}} \quad \text{км/ч} \quad (2)$$

Из выражения (1) получено уравнение тягового баланса автомобиля при средних значениях составляющих

$$P_j' + P_j'' = P_{\text{н}} - P_{\text{в}} - P_{\text{w}} \quad (3)$$

где

$$P_j' = \frac{K}{\chi_{\text{н}}^2} \cdot j_{\text{ср}}; \quad P_j'' = \frac{a i_{\text{тв}}^2}{\chi_{\text{н}}^2}; \quad P_{\text{н}} = \frac{2 i_{\text{тв}}}{\chi_{\text{н}}}$$

$$P_{\text{в}} = \frac{b}{\chi_{\text{н}}^2}; \quad P_{\text{w}} = \frac{c}{\chi_{\text{н}}^2 i_{\text{тв}}}$$

Анализ полученного выражения показал, что составляющая  $P_j'$  является той частью тягового баланса автомобиля, которая участвует в транспортном процессе, обеспечивая ему определенное увеличение скорости. Это сказывается на производительности подвижного состава через показатель  $V_{\text{ср}}$ . Составляющая  $P_j''$  идет на накопление кинетической энергии, которая реализуется в фазе замедления и оказывает влияние на формирование величины средней скорости движения.

Составляющая  $P_j''$  в основном (без  $j_{\text{ср}}$ ) зависит от момента инерции маховика двигателя. Исследование фактических режимов движения показало, что дополнительный момент, создаваемый махови-

ком при замедлении автомобиля, используется очень редко в связи с интенсивным движением при плотном потоке транспортных средств. Поэтому потери энергии на разгон маховика принципиально не отличаются от потерь на трение в силовой передаче и их можно назвать инерционными.

Анализ выражений (1) и (3) показал, что изменение одних параметров автомобиля ( $G$ ,  $M_{ср}$ ,  $i_{тр}$ ) или условий его эксплуатации ( $\psi$ ) вызывает изменение таких величин, как  $j_{ср}$ ,  $P_j'$ ,  $P_j''$ . Проведенные исследования этого вопроса позволили сделать вывод, что регулировать скоростные качества автомобиля ( $j_{ср}$ ,  $V_{ср}$ ) и распределение тягового усилия ( $P_j'$  и  $P_j''$ ) целесообразнее всего передаточными числами трансмиссии, крутящим моментом двигателя, весом автомобиля.

Дальнейший анализ показал, что при фиксированных значениях передаточного числа трансмиссии с изменением одних параметров, характеризующих условия движения автомобиля ( $G$ ,  $\psi$ ), с помощью других ( $M_{ср}$ ) можно добиться реализации максимальных значений  $j_{ср}$  ( $P_j'$ ). Однако было выявлено, что передаточное число трансмиссии, при котором реализуется  $j_{ср}$  ( $P_j'$ )<sub>макс</sub>, лежит в области больших чисел и при этом составляющие  $P_j'$  и  $P_j''$  примерно равны.

Следовательно, использование данных передаточных чисел трансмиссии мало эффективно не только с точки зрения скоростных качеств (низкие конечные скорости разгона), но и по затратам энергии двигателя на перемещение автомобиля.

Зависимости (1) и (2) показывают, что разгон автомобиля путем последовательного включения передач с меньшими значениями  $i_{тр}$  представляет собой процесс постепенного снижения интенсивности разгона ( $j_{ср}$ ) с целью увеличения конечной скорости разгона.

Поэтому для одновременного рассмотрения скорости движения и ускорения целесообразно использовать мощностной баланс, в частности, избыточную мощность, идущую на увеличение скорости:

$$N_j = \frac{\delta \alpha G}{270 g} \cdot V \cdot j ;$$

$$V \cdot j = \frac{270 \delta}{G} \cdot \frac{M_0}{\delta p} = 0,377 \kappa \cdot n_0 \frac{j}{l_{mp}} \quad (4)$$

Следовательно, для рассмотрения дальнейшего процесса разгона автомобиля необходимо воспользоваться мощностным балансом

$$N_j' + N_j'' = N_k - N_v - N_w \quad (5)$$

где

$$N_j' = \kappa \frac{j \cdot p}{l_{mp}} \cdot A ; \quad N_j'' = \alpha i_{mp}^2 \cdot \frac{j \cdot p}{l_{mp}} ; \quad N_k = \alpha A ;$$

$$N_v = \frac{\delta}{l_{mp}} \cdot A ; \quad N_w = \frac{c}{l_{mp}} \cdot A ; \quad A = \frac{0,377 n_0}{270 \cdot \kappa}$$

Анализ выражения (5) показал, что величины составляющих  $N_j'$  и  $N_j''$  изменяются в зависимости от  $l_{mp}$ , и эти изменения различны при различных сочетаниях таких параметров, как  $G$ ,  $n_{exp}$  ( $M_{exp}$ ), (рис. 1).

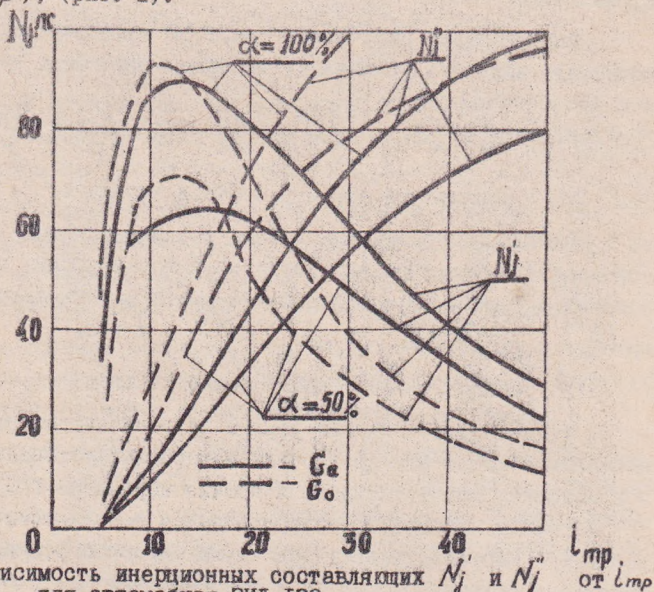


Рис. 1. Зависимость инерционных составляющих  $N_j'$  и  $N_j''$  от  $l_{mp}$  для автомобиля ЗИЛ-130

Проведенные исследования этого вопроса позволили сделать выводы, аналогичные предыдущему случаю (для  $\delta_{cp}$ ), а именно: при фиксированных значениях  $i_{mp}$ , изменяя одну из величин, входящих в выражение (5), можно добиться реализации максимальной избыточной мощности  $N_j'$ , идущей на разгон автомобиля.

Уменьшение веса автомобиля или увеличение степени использования мощности двигателя величина  $N_j'$  макс сдвигается в область меньших значений передаточных чисел и наоборот (рис. 1). Такая же картина наблюдается при изменении дорожного сопротивления.

Анализ протекания дальнейшего процесса разгона автомобиля показал, что на следующих разгонных передачах трансмиссии должны реализоваться максимальные значения  $\frac{N_j}{\delta_p i_{mp}}$  или  $\frac{N_j'}{i_{mp}}$ , что будет соответствовать, в определенном масштабе  $\frac{N_j}{i_{mp}^2}$ ;  $\frac{N_j'}{\delta_p i_{mp}^2}$  или  $\frac{N_j'}{i_{mp}^2}$ , что соответствует  $\frac{d}{i_{mp}^3}$  (при соблюдении масштаба) и так далее.

Исследование полученных при этом уравнений на экстремум позволило получить уравнения, которые сводятся к виду:

$$i_{mp}^5 - \frac{n+1}{n} \cdot \frac{g}{a} \cdot i_{mp}^4 + \left( \frac{n+2}{n} \cdot \frac{K}{a} \cdot i_{mp}^3 - \frac{a-1}{n} \cdot \frac{bK}{ad} + \frac{n+3}{n} \cdot \frac{c}{ad} \right) i_{mp}^2 - \frac{n+1}{n} \cdot \frac{cK}{ad} = 0 \quad (6)$$

где  $n$  — порядковый номер разгонной передачи.

Решая его относительно  $i_{mp}$  при определенном  $n$ , получим искомое значение передаточного числа трансмиссии, при использовании которого автомобиль будет иметь максимальные величины  $\delta_{cp}(P_j')$ ,  $\frac{M}{\delta_p}(N_j')$ ,  $\frac{N_j}{\delta_p i_{mp}}$  ( $\frac{N_j'}{i_{mp}}$ ) и т.д.

На основании изложенного можно считать:

1. Для рационального режима разгона автомобиля при изменяющихся в эксплуатации весовых и дорожных условиях движения все основные конструктивные и прочие параметры ( $G$ ,  $M_{cp}$ ,  $i_{mp}$ ,  $\psi$ ) должны находиться в определенной зависимости (6), которой будут соответствовать максимумы тягового усилия ( $P_j'$ ), отношение избыточной мощности к коэффициенту  $\delta_p$  ( $N_j'$ ) и т.д.

2. Применение в отечественных автомобилях одного ряда

передаточных чисел трансмиссии, подобранных с учетом максимального полного веса, и одного дорожного сопротивления скрывает резерв повышения как его скоростных качеств, так и снижения непроизводительных затрат энергии.

Поэтому в изменяющихся дорожных ( $\psi$ ) и эксплуатационных ( $G$ ) условиях необходимо рассмотреть пути более рационального использования энергии двигателя, беря за основу ту часть, которая затрачивается на выполнение транспортной работы.

### Исследование разгонных качеств автомобиля

#### а) Коэффициент использования инерционной мощности

Из уравнения мощностного баланса (5) выявлено, что на увеличение скорости из всей затраченной мощности двигателя расходуется только одна составляющая  $N_j'$ . Насколько полно реализуется указанная составляющая в процессе разгона автомобиля можно оценить коэффициентом использования инерционной мощности

$$\rho_p = \frac{N_j'}{N_j / \rho_m} = \frac{K}{K + \alpha \cdot \rho_m^2} \cdot \rho_m \quad \text{или} \quad \rho_p = \frac{\delta_n}{\delta_p} \cdot \rho_m \quad (7)$$

Данный показатель характеризует приспособленность конструкции автомобиля с точки зрения более полного использования инерционной мощности на увеличение скорости.

Из выражения (7) видно, что величина коэффициента  $\rho_p$  будет иметь тогда максимальное значение, когда конструктивные и эксплуатационные факторы находятся в необходимой взаимосвязи (6). Это обеспечивает реализацию максимальных величин  $N_j'$ ,  $\frac{N_i}{\rho_m}$  и т.д.

Если условие реализации названных величин не обеспечивается, то переменными в этом случае могут быть такие параметры, как передаточное число трансмиссии или вес автомобиля.

Для выбора передаточного числа трансмиссии необходимо использовать уравнение (6). Подобрать рациональный вес подвижного состава можно, если воспользоваться равенством коэффициентов  $\rho_p$  для заданных конструктивных и эксплуатационных параметров и для их оптимальной взаимосвязи (6):

$$\frac{K}{K^1 + \alpha \cdot L_{mp}^2} = \frac{K}{K + \alpha \cdot L_{mp}^2 (opt)} \quad (8)$$

откуда

$$K^1 = K \cdot \frac{L_{mp}^2 (opt)}{L_{mp}^2 (3)} \quad (9)$$

Тогда

$$G = \frac{K - G_M - 2 \cdot G_{ke}}{g^2} \cdot g \quad \text{кг} \quad (10)$$

В эксплуатационных условиях часто величины  $G$  и  $U$  являются переменными, поэтому остается одно направление по улучшению степени использования избытка мощности на увеличение скорости — это возможное расширение диапазона скоростей при различных передаточных числах трансмиссии.

б) Показатель использования мощности двигателя на перемещение автомобиля

Выявлено, что при движении автомобиля мощность его двигателя расходуется как на преодоление внешних, так и внутренних сопротивлений движению. Поэтому для общей оценки использования мощности необходимо учитывать все затраты, связанные непосредственно с перемещением автомобиля, т.е. с полезной работой по выполнению транспортного процесса.

В этом случае мощности, затраченные на преодоление внешних сопротивлений движению и идущих на увеличение скорости, можно считать полезными, так как они участвуют в выполнении транспортного процесса. Отношение этих мощностей к мощности, развиваемой двигателем, будет характеризовать степень рационального ее использования

$$\eta_{\Sigma} = \frac{N_e + N_i}{N_e} = \frac{P_0(\gamma - 1) + P_M}{P_0} \quad (11)$$

где  $\gamma = N_e + P_M / N_e$  или  $\gamma = \frac{P_0 L_{mp}^2}{g^2 + C}$  — коэффициент запаса мощности двигателя.

Из выражений (11) следует, что степень использования



мощности двигателя в процессе движения автомобиля зависит от коэффициентов  $\varrho_p$ ,  $\varrho_m$  и  $\gamma$ . Первый из них уже был рассмотрен ( $\varrho_p$ ), второй ( $\varrho_m$ ) достаточно изучен многими исследователями, поэтому исследуем третий ( $\gamma$ ).

Как видно из приведенного выражения (II), коэффициент запаса мощности двигателя определяется следующими параметрами: величиной реализованной мощности (крутящего момента), передаточными числами трансмиссии, весом автомобиля и дорожным сопротивлением.

Следовательно, коэффициент запаса мощности двигателя является тем показателем, который определяет режим движения автомобиля, и величина его при этом изменяется от единицы до максимальных значений, определяемых конструкцией подвижного состава.

Из выражения (II) видно, что регулирующими параметрами, в случае несоответствия условиям реализации максимальных величин инерционной мощности  $N'_j$  могут быть: вес подвижного состава и величина реализованной мощности.

Чтобы решить поставленные задачи, необходимо воспользоваться равенством показателей использования мощности двигателя на перемещение автомобиля для принятых конструктивных и эксплуатационных параметров ( $\varrho_{2(z)}$ ) и для оптимальных условий их взаимосвязи ( $\varrho_{2(opt)}$ ), которое можно записать так:

$$\frac{K}{K + d \cdot i_{тр(z)}^2} \cdot \varrho_m + \frac{(\varrho_m - K + d \cdot i_{тр(z)}^2) \cdot \varrho_m (v \cdot i_{тр(z)}^2 + c)}{d \cdot i_{тр(z)}^2} = \varrho_{2(opt)} \quad (12)$$

Решая полученное уравнение (12) относительно исследуемого параметра ( $\varrho$ ,  $M_{ср}$ ,  $\gamma$ ), получим уравнения, позволяющие определить необходимые условия движения автомобиля. Соблюдение этих условий обеспечит автомобилю наиболее рациональную степень использования мощности двигателя при совершении транспортного процесса.

Таким образом, показатель использования мощности двигателя характеризует степень совершенства конструкции автомобиля

по рациональным затратам энергии двигателя на выполнение транспортной работы. Кроме того, с учетом  $\xi_u$  для подвижного состава в изменяющихся условиях эксплуатации, можно по затратам мощности наметить оптимальные режимы движения.

в) Коэффициент внутренних потерь

Из уравнения (5) можно отметить, что все составляющие мощностного баланса, кроме  $N_j'$ , в современной конструкции автомобиля безвозвратно затрачиваются в фазе разгона. Эти затраты можно выразить уравнением

$$N_c^p = N_c \cdot m, \quad (13)$$

где  $m = \frac{\gamma - \xi_p(\gamma - 1)}{\xi_m}$  — коэффициент, учитывающий внутренние сопротивления движению автомобиля.

С учетом выражения (13) уравнение мощностного баланса можно записать так:

$$N_e = N_c \cdot m + N_j'. \quad (14)$$

Из этого равенства следует: для рационального режима разгона по расходу мощности в заданных условиях ( $N_p, N_e$ ) необходимо стремиться к тому, чтобы коэффициент  $m$ , характеризующий все внутренние потери, был наименьшим. Это может быть в том случае, если все конструктивные и эксплуатационные факторы автомобиля находятся в определенной взаимосвязи (6). Следовательно, при этих условиях коэффициент внутренних потерь будет минимальным.

Данный оценочный показатель (13) зависит от тех же коэффициентов ( $\xi_p, \xi_m$  и  $\gamma$ ), что и показатель использования мощности двигателя при движении автомобиля ( $\xi_u$ ). Поэтому рассмотренные направления по определению оптимальных режимов движения по показателю  $\xi_u$  и сделанные выводы можно отнести к коэффициенту внутренних потерь.

С помощью коэффициента внутренних потерь исследовался вопрос целесообразности применения на автомобилях двигателей с повышенными мощностными данными. Для этого представлен комплексный график (рис. 2), где отражены зависимости  $N_{ср}(M_{ср}) = f(l_{mp})$  и  $m = f(l_{mp})$ .

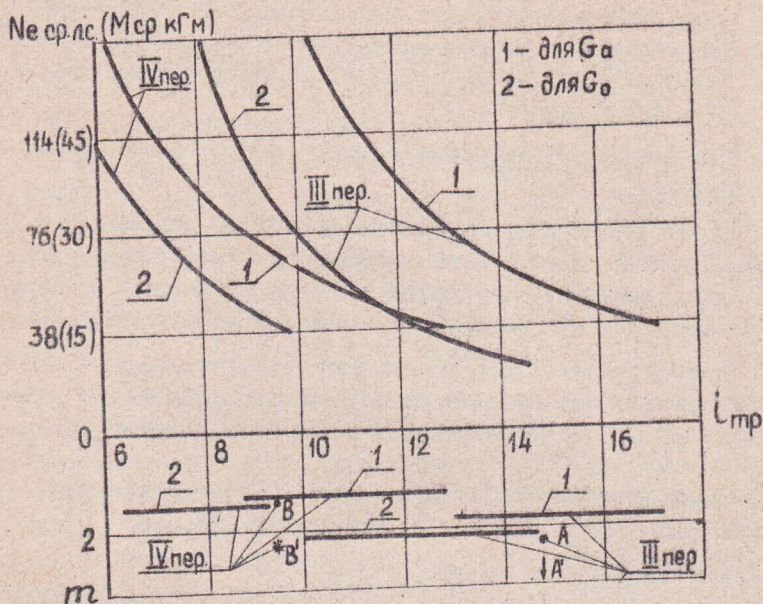


Рис. 2. Выбор оптимальных величин  $N_{cp}(M_{cp})$  в зависимости от передаточного числа трансмиссии для автомобиля типа ЗИЛ

Данные верхнего квадранта получены с использованием уравнения (6), нижнего —  $m \cdot f(i_{tr})$  для величин  $N_{cp}(M_{cp})$  и  $i_{tr}$  при оптимальной их взаимосвязи.

Как видно из данного примера, при любой степени реализации мощности двигателя и правильного подбора передаточного числа трансмиссии коэффициент внутренних потерь остается величиной постоянной для каждой разгонной передачи и определенного веса автомобиля. Кроме того, по мере увеличения степени использования мощности двигателя происходит смещение значений  $N'_{max}$  в область меньших значений  $i_{tr}$ . Это будет способствовать увеличению конечной скорости разгона.

Дальнейшие исследования показали, что с увеличением  $N_{cp}(M_{cp})$  и при использовании оптимального передаточного числа трансмиссии происходит рост значений  $N'_{max}$ . Это, в свою очередь, обеспечивает увеличение интенсивности разгона.

Таким образом, намеченное направление увеличения инерционной мощности  $\mathcal{M}'_i$  при условии реализации ее максимального значения, позволит улучшить скоростные качества автомобиля как за счет  $j_{ср}$ , так и  $V_{ср}$ .

Проведенные теоретические исследования позволили заключить следующее:

1. Для основных конструктивных параметров автомобиля и дорожных условий существует только один оптимальный режим разгона, определяемый целесообразным расходом мощности на выполнение транспортного процесса, и его необходимо всегда выдерживать.

2. Вскрыты некоторые резервы увеличения производительности и снижения потерь мощности двигателей для автомобилей, находящихся в эксплуатации. Для использования этих резервов необходимо:

- а. рационально подбирать весовую нагрузку на автомобиль (за счет прицепов), в зависимости от дорожных условий;
- б. снизить инерционные потери;
- в. применять дросселирование двигателя при разгоне автомобиля с целью регулирования затрат мощности.

3. Обоснованы направления дальнейшего улучшения скоростных качеств автомобилей за счет повышения мощности установленных двигателей при определенном снижении передаточных чисел трансмиссии.

#### Анализ конструктивных особенностей автомобилей

Как отмечалось, конструктивные параметры автомобиля должны обеспечивать ему разгон за минимальное время при минимальных затратах энергии. Этому условию соответствует такой режим разгона, когда величина составляющей  $\mathcal{M}'_i$  будет максимальной. Тогда значения оценочных показателей  $\rho_v$ ,  $\tau$  будут оптимальны.

Анализ полученных оценочных показателей для ряда моделей отечественных автомобилей подтвердил, что показатели использования мощности двигателя и внутренних потерь имеют значения хуже оптимальных. Поэтому по вышеизложенной методике были намече-

ны пути рационального использования мощности двигателей для этих моделей.

Расчет показал, что при эксплуатации автомобиля ЗИЛ-130 в дорожных условиях с  $\psi = 0,015$ ;  $0,018$  часть реализованной мощности его двигателя будет расходоваться непроизводительно.

При исследовании оценочных показателей было отмечено, что их значения могут быть улучшены за счет изменения полного веса подвижного состава (прицепов). Так, из расчета следует, что для рационального использования избыточной мощности необходимо увеличить весовую нагрузку на автомобили, а именно:

для ЗИЛ-130 до 13000 кг (9525 кг),  
для ЗИЛ-164А до 11000 кг (8350 кг).

У ряда моделей отечественного производства (ГАЗ-53А, "Москвич-412") и большинства иностранных оценочные показатели несколько лучше оптимальных. Объясняется это явление применением передаточных чисел трансмиссии меньших, чем оптимальные, что и позволило получить лучшие оценочные показатели использования мощности двигателя путем сокращения непроизводительных затрат при несколько лучших скоростных качествах автомобилей за счет конечной скорости разгона.

Это явление еще связано с условиями работы подвижного состава, у которого номинальный вес редко достигает своего максимального значения (легковые автомобили).

Следовательно, для конкретных конструктивных особенностей автомобиля и дорожных условий существует оптимальный вес подвижного состава, в соблюдении которого заложены определенные резервы повышения его производительности и снижения затрат мощности двигателя на перемещение груза.

Отмечено (рис. 2), что для каждого значения  $N_{сер}$  ( $N_{сер}$ ) существует строго определенное передаточное число трансмиссии для данных значений  $\psi$  и  $\psi$ , при соблюдении которого оценочные показатели будут оптимальными. Нарушение указанной взаимосвязи отразится на величине рассматриваемых показателей ( $\rho_{в}, \tau$ ).

Так, для автомобилей, оценочные коэффициенты которых име-

ют значения  $m_{opt} > m_a$  ( $P_{1opt} < P_{1a}$ ), можно несколько увеличить мощностные данные двигателя или вести разгон всегда при полном дросселе (ГАЗ-53А).

Если  $m_{opt} < m_a$  ( $P_{1opt} > P_{1a}$ ), то для рационального режима движения (ЗИЛ-130) следует уменьшить величину (использовать дросселирование).

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Показатели  $P_p, P_u, m$  в достаточной мере характеризуют максимальное использование мощности двигателя на выполнение транспортной работы и позволяют определить рациональные режимы разгона в изменяющихся условиях эксплуатации.

2. Часть автомобилей отечественного производства эксплуатируется при заниженной грузоподъемности для принятых передаточных чисел трансмиссии.

3. Для улучшения степени использования мощности двигателя при разгоне автомобиля при нагрузке ниже оптимальной необходимо применить строго определенный дроссель (подачу топлива).

4. Прогресс техники связан с ростом мощностей. Это полностью распространяется на автотранспорт. Реализация этой задачи связана с применением определенных передаточных чисел трансмиссии, в зависимости от конструктивных и эксплуатационных факторов.

#### Экспериментальная часть

В задачи эксперимента входило установить соответствие теоретических выкладок о наличии только одного оптимального режима разгона при данных весовых, мощностных и других условиях движения, обеспечивающего реализацию максимальных значений величин  $j_{cr}, P_j, N_j, N_j/i_{mp}$ .

Весь объем экспериментальных работ выполнен на автомобиле УАЗ-452Д в одних и тех же дорожных условиях. При этом использовался метод одновременного измерения всех контрольных параметров динамики и топливной экономичности автомобиля с автоматиче-

ской записью их на ленту осциллографа. Для этих целей применяли магнитоэлектрический осциллограф К9-2Г. При испытании фиксировались следующие параметры: время, путь, скорость, крутящий момент на полуоси автомобиля, обороты коленчатого вала двигателя и мгновенный расход топлива.

На основании экспериментальных данных были получены внешние скоростные характеристики на полном и частичном дросселях, внешние и внутренние сопротивления движению автомобиля при различных условиях разгона ( $G, \alpha$ ). При этих же условиях были определены величины ускорений на всех передачах экспериментального автомобиля с использованием у двигателя маховика с различными моментами инерции.

Анализ экспериментального материала подтвердил теоретические положения о том, что рациональное распределение избытка тягового усилия по инерционным составляющим  $P_j'$  и  $P_j''$  зависит от определенной взаимосвязи конструктивных и эксплуатационных факторов, и выявил параметры, регулирующие величину  $I_{mp}$ . Это позволило доказать правильность намеченного направления по улучшению скоростных качеств автомобиля и снижению непроизводительных потерь энергии двигателя.

На рис. 3 представлены зависимости инерционных составляющих  $N_j'$  и  $N_j''$  от  $i_{mp}$  для различных условий разгона экспериментального автомобиля.

Полученный материал показывает, что величины составляющих  $N_j'$  и  $\frac{N_j''}{i_{mp}}$ , которые являются определяющими в оценочных показателях ( $R_p, R_v, m$ ), можно регулировать при фиксированных следующими параметрами: весом автомобиля, дросселированием, подбором момента инерции маховика двигателя. Следовательно, с помощью названных параметров ( $G, \alpha$ ), при определенных условиях эксплуатации можно добиться реализации максимальной величины избыточной мощности на увеличение скорости, что обеспечит оптимальные значения оценочных показателей.

Так, например, из расчета известно, что для автомобиля УАЗ-452Д передаточное число, обеспечивающее реализацию  $N_{j_{max}}$ , равно 13,06. Это будет соответствовать значению коэффициента

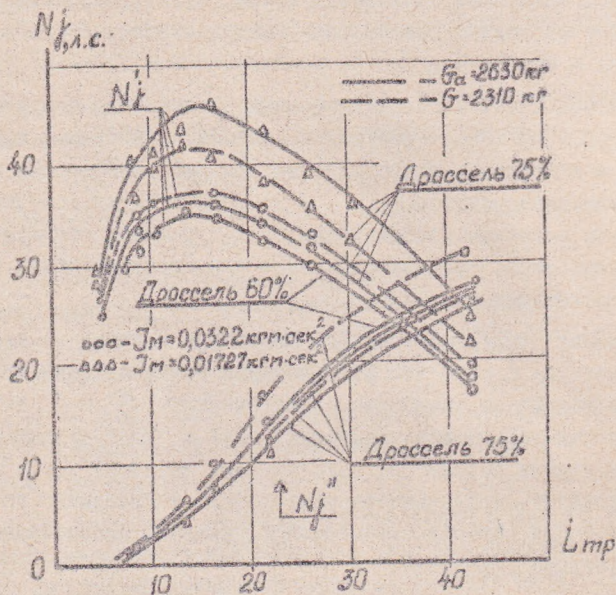


Рис. 3. Зависимость  $N_j'$  и  $N_j''$  от  $l_{mp}$  для экспериментального автомобиля VAZ-452Д

$\eta = 3,58$ . Однако данный автомобиль имеет передаточное число, равное 13,535.

Следовательно, для осуществления рационального режима разгона необходимо либо повысить нагрузку на автомобиль, либо вести разгон при частичном дросселе. Так, экспериментальные данные показали, что при частичном дросселе 87% получим оптимальный случай использования мощности двигателя ( $\eta = 3,58$ ).

Проведенный эксперимент подтвердил необходимость соблюдения определенных режимов движения в изменяющихся условиях эксплуатации, а также при несоответствии конструктивных параметров подвижного состава условиям его работы.



### Эффективность намеченных мероприятий

В этом разделе представлены расчеты по определению влияния средней технической скорости движения на технико-экономические показатели работы подвижного состава ( $W_g, S_g$ ). Получены данные, которые свидетельствуют, что рост средней скорости движения с 26 до 30 км/час позволит увеличить производительность таких автомобилей, как ЗИЛ-130, при езде с грузом в 10 км на 8%.

Аналогичные расчеты, проведенные для некоторых моделей легковых автомобилей, используемых как такси, показали, что более рентабельным является автомобиль "Москвич-412".

Также рассмотрена зависимость производительности автомобиля и себестоимости перевозок от увеличения грузоподъемности подвижного состава. Например, для автомобиля типа ЗИЛ-130 при движении в цикле 5000 м производительность возросла, при изменении  $Q_n$  с 5 до 8,625 т на 47%, а себестоимость перевозок снизилась на 37,0%.

Таким образом, внедрение в практику подвижного состава, обладающего лучшими скоростными качествами, чем существующий, и применение рациональных режимов движения, в зависимости от условий эксплуатации, по грузоподъемности создают возможность повысить производительность автотранспорта и ежегодно экономить десятки миллионов рублей.

### Выводы и рекомендации по диссертационной работе

1. Средняя техническая скорость движения — это критерий, характеризующий динамику выполнения транспортного процесса. Поэтому она является основным эксплуатационным показателем качественной оценки конструкции автомобилей.

2. При рассмотрении мощностного баланса все виды сопротивления движению подразделены на внешние и внутренние. Внешние сопротивления характеризуют условия движения и их преодоление

позволяет выполнять транспортный процесс. Внутренние — определяют качественную сторону конструктивных параметров автомобиля.

3. Внутренние сопротивления движению подразделяются на две составляющие: сопротивление разгона автомобиля, т.е. увеличение скорости, и сопротивление разгона вращающихся деталей автомобиля, не участвующих в поступательном его движении.

4. Составляющие, характеризующие внутренние сопротивления движению автомобиля, можно регулировать. Это позволит более эффективно использовать мощность двигателя на выполнение транспортного процесса (увеличение скорости).

5. Средняя техническая скорость движения зависит от запаса мощности двигателя, распределения сопротивлений, а также от конечной скорости разгона на каждой из передач.

6. Эффективность затрат мощности двигателя оценивается с помощью разработанных безразмерных показателей:

- а) коэффициента использования инерционной мощности ( $\beta_p$ );
- б) степени использования мощности двигателя на перемещение автомобиля ( $\beta_v$ );
- в) коэффициента, учитывающего изменение внутреннего сопротивления движению ( $m$ ).

7. Разработанная методика охватывает качественную сторону процесса разгона, позволяет рассмотреть вопрос об энергетических затратах, связанных с увеличением скорости движения автомобиля непосредственно при выполнении транспортного процесса.

8. Проанализировано влияние конструктивных параметров автомобиля ( $G$ ,  $M_{ср}$ ,  $i_{тр}$ ) и дорожных условий ( $\gamma$ ) на интенсивность изменения его скоростных качеств.

9. Выявлены факторы, способствующие повышению средней скорости движения, и пути оптимизации конструктивных параметров подвижного состава для различных условий его движения с целью более эффективного использования мощности двигателя на выполнение транспортной работы.

10. Анализ, проведенный на основе предложенных критериев оценки, помог найти рациональные сочетания конструктивных параметров автомобиля при разгоне и получить оптимальный запас мощности двигателя для конкретных внешних условий.

11. Для автотранспортных предприятий разработана методика выбора рациональной загрузки подвижного состава и обоснованы оптимальные режимы движения для различных дорожных условий.

12. Дан анализ скоростных качеств и затрат мощности двигателя некоторых моделей автомобилей отечественного и зарубежного производства.

13. Обоснованы направления улучшения скоростных качеств автомобилей благодаря повышению мощности установленных двигателей при определенном снижении передаточных чисел трансмиссии, а также благодаря рациональному подбору момента инерции маховика двигателя с учетом веса подвижного состава и применяемых

*деталей.*

14. С целью подтверждения расчетных методик были проведены экспериментальные исследования, в процессе которых контрольные параметры динамики и экономики автомобиля записывались одновременно. Результаты испытаний подтвердили правильность теоретических исследований.

15. С экономической точки зрения создание подвижного состава с более совершенными скоростными качествами и рациональное использование грузоподъемности существующего парка позволит повысить производительность автотранспорта и высвободить определенное количество его единиц. Это, в конечном итоге, составит ежегодную экономию по стране в десятки миллионов рублей и даст возможность выполнить задачи народнохозяйственного плана по обеспечению всеми видами перевозок.

16. Дальнейшую научно-исследовательскую работу по более полному использованию скоростных возможностей автомобиля и снижению энергозатрат необходимо сосредоточить на следующих вопросах:

- а) выборе момента инерции маховика двигателя с учетом конструктивных особенностей автомобиля;

б) определении возможной взаимосвязи между основными параметрами автомобиля и дорожными условиями эксплуатации для прогрессивных передач.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Бездомов А.Г., Патрушев Н.В. Определение динамических качеств автомобиля при диагностировании. Сборник научных трудов ЧПИ, № 62, Челябинск, 1968.
2. Бездомов А.Г., Патрушев Н.В. Определение элементов топливной экономичности при диагностике. Сборник научных трудов ЧПИ, № 62, Челябинск, 1968.
3. Анискин Л.Г., Бездомов А.Г. Коэффициент полезного действия при движении автомобиля. Рекомендации научно-технических конференций по вопросам техники и экономики на автомобильном транспорте Челябинской области, Челябинск, 1969.
4. Бездомов А.Г., Иванов В.В. Об экспериментальном определении вращающихся масс автомобиля. Рекомендации научно-технических конференций по вопросам техники и экономики на автомобильном транспорте Челябинской области, Челябинск, 1969.
5. Анискин Л.Г., Бездомов А.Г. Пути повышения средней технической скорости автомобилей. Сборник научных трудов ЧПИ, № 87, Челябинск, 1970.
6. Бездомов А.Г., Патрушев Н.В. Исследование влияния веса автомобиля и мощности двигателя на выбор передаточных чисел трансмиссии. Сборник научных трудов ЧПИ, № 106, Челябинск, 1972.
7. Бездомов А.Г., Квятко Х.Д., Теплов В.Н. Дорожная лаборатория для контроля оценочных параметров станции диагностирования автомобиля. Сборник научных трудов ЧПИ, № 106, Челябинск, 1972.

8. Патрушев Н.В., Бездомов А.Г. Исследование составляющих элементов топливного баланса автомобиля. Сборник научных трудов ЧПИ, № 106, Челябинск, 1972.

Основные разделы диссертации доложены

1. На научно-технических конференциях (XXI, XXII, XXIII, XXIV, XXV) Челябинского политехнического института им. Ленинского комсомола, Челябинск, 1968, 1969, 1970 (Материалы конференции опубликованы) 1971, 1972.
2. На конференции инженерно-технических работников Уральского, ордена Трудового Красного Знамени автомобильного завода, Миасс, 1971.
3. На конференции инженерно-технических работников автотранспортных предприятий Южно-Уральского территориального транспортного управления, Челябинск, 1971.
4. На расширенном заседании ученого совета Государственного научно-исследовательского института автомобильного транспорта (Уральский филиал), Челябинск, 1972.
5. На расширенном заседании кафедр "Автомобильный транспорт", "Автомобили и тракторы" Курганского машиностроительного института, Курган, 1972.
6. На конференции инженерно-технических работников автобусного завода, Курган, 1972.

Техн. редактор ПРОКОФЬЕВА

---

№Б 00133 Подписано к печати 3/IV - 72 г. формат бумаги 60x90  
I/16. Объем 1,75 п.л. Отпечатано на роталитне ЧПИ. Тираж  
120 экз. Зак. 98/277.