

19964

Я 348  
91

АКАДЕМИЯ МЕХАНИЗАЦИИ И  
АВТОМАТИЗАЦИИ КРАСНОЙ АРМИИ имени СТАЛИНА

Я 348  
91

Военинженер 2-го ранга  
доцент Л. Ф. РУДАКОВ

# ДИНАМИКА ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО АВТОМОБИЛЯ

ИЗДАНИЕ АКАДЕМИИ

МОСКВА

1940

2017069838



ВОЕННАЯ АКАДЕМИЯ МЕХАНИЗАЦИИ И  
МОТОРИЗАЦИИ КРАСНОЙ АРМИИ имени СТАЛИНА

---

Я  $\frac{348}{91}$

Военинженер 2-го ранга  
доцент Л. Ф. РУДАКОВ

ДИНАМИКА  
ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО  
АВТОМОБИЛЯ

ИЗДАНИЕ АКАДЕМИИ

---

МОСКВА

1940



35/53

Редактор Х. Ф. Антоненко. Техн. редактор М. В. Шмырев.  
Сдано в набор 13 марта 1940 г. Подписано к печати 8 мая 1940 г.  
Учетно-авторских листов 6,75 Печатн. листов 6,5 Бум. листов 3,25.  
Колич. зн. в 1 бум. листе 85376 Формат бум. 60×92 в 1/16.  
Уполн. Главлита Г-4540. Зак 783. Тираж 1000. Изд. № 297.

Типолитография ВАММ. Москва, Красноказарменная ул., 2,

## ВВЕДЕНИЕ

В результате успешного выполнения двух сталинских пятилеток развития народного хозяйства в нашей стране создана мощная, передовая автотракторная промышленность. Автотракторный парк страны с каждым годом возрастает. Решения XVIII съезда ВКП(б) по докладу т. Молотова «О третьем пятилетнем плане развития народного хозяйства СССР» определяют дальнейший рост автотранспорта в третьем пятилетии. Если во второй пятилетке было выпущено 555 тыс. автомобилей, то в одном только 1942 г. должно быть выпущено 400 тыс. автомобилей, а за всю третью пятилетку — около 1 500 тыс. автомобилей. Значительно увеличивается также выпуск тракторов.

Широкое развитие автотракторного парка лишней раз подчеркивает то огромное народнохозяйственное значение, которое имеет проблема заменителей жидкого топлива. Разрешение этой проблемы идет в направлении использования в качестве горючего для двигателей внутреннего сгорания различных видов твердого топлива, горючих газов, как побочного продукта металлургической, каменноугольной и химической промышленности, а также и природных газов.

Наибольший интерес представляет использование в качестве горючего для автотракторных двигателей различных видов твердого топлива, поскольку это топливо имеется почти во всех районах Советского Союза.

Необходимость частичного перевода автотракторного парка на работу на твердом топливе диктуется также тем, что железнодорожный и водный транспорт в значительной мере загружен перевозкой жидкого горючего от места его добычи к местам потребления. Большое количество дорогостоящего бензина расходуется автотранспортом на перевозку жидкого горючего в глубинные районы, расположенные за сотни километров от основных железнодорожных и водных магистралей.

При переводе автомобилей и тракторов на твердое топливо последние смогут бесперебойно работать в течение круглого



2017069838



года, независимо от осенней и весенней распутицы, когда обычно отдаленные районы испытывают большую нужду в жидком горючем.

Применение газогенераторных автомобилей в народном хозяйстве позволяет высвободить огромное количество бензина, который может быть использован для укрепления обороны страны.

Даже тот незначительный парк газогенераторных автомобилей и тракторов, который имеется к началу 1940 г. позволяет сэкономить до конца третьей пятилетки около 200 тысяч тонн бензина и керосина.

Использование газогенераторных автомобилей в военное время как внутри страны, так и в прифронтовой полосе делает этот вид автотранспорта исключительно ценным.

Вот почему за последние годы во всей широте встал вопрос об использовании в качестве горючего для автомобилей и тракторов различных видов твердого топлива (дрова, древесный уголь, антрацит, солома, торф и т. д.).

Представление о сравнительной экономичности газогенераторного автомобиля по отношению к бензиновому по расходу топлива в ценностном выражении можно сделать на основании следующего расчета. Стоимость древесной чурки, по данным Загорской газогенераторной автобазы Наркомлеса СССР, при механической распиловке и ручной колке обходится в 100 — 110 руб. тонна. Расход древесных чурок для газогенераторного автомобиля ГАЗ-42 при движении по щебенчатому шоссе составляет 50 кг на 100 км пути. В денежном выражении это составляет 5 руб. — 5 р. 50 к. Норма расхода бензина для автомобиля ГАЗ-АА по щебенчатому шоссе — 17 кг на 100 км пути. При расценке бензина в 90 коп. за 1 кг стоимость пробега 100 км пути для бензинового автомобиля составляет 15 р. 30 к. Отсюда видно, что даже при несовершенных способах заготовки древесного топлива экономичность газогенераторного автомобиля по расходу топлива в денежном выражении выше бензинового примерно в три раза. Однако следует отметить, что основной причиной, побуждающей применение газогенераторных машин, является не вопрос экономии денежных средств (что безусловно имеет большое значение), а необходимость замены высокосортных жидких топлив в целях рационального использования топливных ресурсов страны.

В газогенераторных установках для получения генераторного газа могут применяться почти все виды твердого топлива. Однако применение каждого вида топлива связано с определенными конструктивными особенностями газогенератора. Наибольший интерес представляет использование в газогенераторах автотракторного типа древесины в различных ее ви-

дах: древесные чурки, древесный уголь, щепа, опилки и т. д. Древесное топливо имеется почти повсюду в изобилии. Достаточно указать на то, что из 3 млрд. гектаров мировой площади лесов, леса СССР занимают больше 900 млн. гектаров, или около 30%. Из общего прироста древесины используется только около 30%, а остальные 70% частично идут на увеличение лесных массивов страны, а частично пропадают в результате гниения и лесных пожаров. Но даже из указанных 30% рационально используется примерно  $\frac{1}{5}$  часть, а остальные  $\frac{4}{5}$ : пни, сучья, ветви, и кора, оставляемые в лесу после рубки, а также отходы промышленных предприятий в виде опилок, стружек и т. д., пропадают почти бесполезно.

Из других видов твердого растительного топлива большой интерес представляет использование в газогенераторах торфа. СССР располагает свыше 50% всех мировых запасов торфа, а исследованные запасы составляют 27% всех топливных ресурсов нашей страны. Применение торфа в качестве топлива в газогенераторных установках должно найти место, в первую очередь, в самой торфяной промышленности для двигателей внутреннего сгорания автотракторного типа.

Недостатком торфяного топлива, затрудняющим использование его в газогенераторах транспортного типа, является его громоздкость (небольшой удельный вес), большая зольность и необходимость частой и длительной подсушки.

Кроме запасов древесины и торфа, в СССР имеются огромные ресурсы в виде отходов сельского хозяйства, как то: солома, лузга, отбросы хлопчатника и т. д. Все эти виды топлива с успехом могут применяться в газогенераторах автотракторного типа. При огромных площадях СССР в сельском хозяйстве после обмолота скапливаются значительные запасы соломы. Часть ее используется в качестве стройматериалов, топлива, а также на прокорм скота. Большое же количество соломы расходуется непроизводительно или просто пропадает в результате гниения. Использование соломы и других отходов сельского хозяйства в качестве топлива для автотракторных двигателей имеет особенно большое значение для районов, не имеющих лесных массивов.

Значительный интерес представляет использование антрацита в качестве топлива в газогенераторах автомобильного типа. Запасы этого топлива в Советском Союзе огромны. Одним из существенных преимуществ антрацита перед другими видами твердых топлив является его высокая газопродуктивность.

Попыток применить твердое топливо в качестве горючего в транспортных газогенераторных установках было немало. Однако впервые газогенераторная установка, смонтированная

на грузовом автомобиле, была испытана только в 1914 г. во Франции. В 1916 г. между Парижем и Руаном уже совершал регулярные рейсы опытный газогенераторный автобус. Развитие газогенераторных установок автомобильного типа вызвало большой интерес к ним со стороны военного министерства Франции. В 1924 г. военное министерство испытывало газогенераторные автомобили на маневрах армии.

В ряде западноевропейских государств газогенераторные автомобили в настоящее время выпускаются в большом количестве. Наиболее крупными фирмами, выпускающими газогенераторные автомобили, являются: во Франции — «Берлие» (дровяные), «Панар-Левассор» (древесноугольные), «Гое-Пулен» (древесноугольные); в Германии — «Имберт» (дровяные), «Абоген» (древесноугольные), «Виско-Автогаз» (древесноугольные), «Бюссинг» (древесноугольные) и ряд других фирм.

Газогенераторные автомобили производятся в Италии, Англии, Швеции, Финляндии, Японии и в ряде других стран.

Развитие газогенераторов автотракторного типа в СССР началось несколько позднее, чем в западноевропейских государствах. Первые работы в этой области принадлежат проф. В. С. Наумову. В 1923 г. он получил патент на первый свой газогенератор «У-1» для работы на антраците. После некоторых конструктивных улучшений в 1927 г. были проведены лабораторные испытания этого газогенератора при работе на древесном угле. В 1928 г. улучшенный газогенератор под маркой «У-2», смонтированный на грузовике «Фиат», участвовал в первом всесоюзном пробеге газогенераторных грузовиков Ленинград—Москва—Ленинград, протяженностью 1450 км. В 1931 г. грузовик «Форд» с газогенераторной установкой «У-2» участвовал в пробеге Ленинград—Петрозаводск (1200 км). В 1933 г. после ряда улучшений В. С. Наумов создал газогенератор, известный под маркой «У-5», для автомобиля ГАЗ-АА, работающий на древесном угле. Установка участвовала в пробеге Ленинград — Москва — Харьков — Ростов — Тифлис (2300 км).

В 1935 г. им создана древесноугольная установка «У-6». В последнее время В. С. Наумов работает над усовершенствованием установки «УА-8», приспособленной для работы на антраците и на древесном угле.

С 1925 г. в области теории и конструкции газогенераторов работает проф. В. П. Карпов. В 1926 г. им была создана и испытана в лаборатории небольшая газогенераторная станция с двигателем «Penta», работающая на древесном угле. В 1929 г. в пробеге Ленинград—Феофилова пустынь — Ленинград участвовал грузовой автомобиль Форд-АА — с древесно-

угольным газогенератором конструкции проф. В. П. Карпова. В 1931 г. В. П. Карпов выполнил проект и построил газогенераторную установку для автомобиля Я-5. Установка была опробована пробегом и показала положительные качества в работе.

С 1930 г. большая научно-исследовательская работа в области применения газогенераторов на автомобилях и тракторах проводится Научно-исследовательским авто-тракторным институтом (НАТИ). Этим институтом создан ряд газогенераторных установок, работающих на дровах и древесном угле. Последними конструкциями установок, принятыми на серийное производство, являются НАТИ Г-14 (древесная) и НАТИ Г-21 (древесноугольная) для автомобиля ГАЗ-АА, НАТИ Г-23 (древесноугольная) для автомобиля ЗИС-5, НАТИ Г-19 (древесная) для трактора ХТЗ и НАТИ Г-25 (древесная) для трактора ЧТЗ.

В последнее время НАТИ работает над созданием газогенераторных установок, работающих на торфе, брикетированной соломе и антраците.

Этим институтом для автомобиля ЗИС-5 разработана конструкция газогенераторной установки, позволяющая использовать в ней в качестве топлива антрацит и кокс. Установка рассчитана на применение ее в районах, богатых этим видом топлива. Конструкция установки предусматривает также возможность работы на торфяном коксе. Первый опытный образец этой установки закончен изготовлением и проходит испытания.

В НАТИ же спроектирована газогенераторная установка, позволяющая использовать в качестве топлива торф. Первый опытный образец закончен изготовлением и прошел стендовые испытания в лаборатории НАТИ. Работа проводится совместно с институтом торфа. Установка предназначена для болотного трактора ХТЗ.

Во исполнение решения СНК СССР от 28 февраля 1938 г., НАТИ проводит работу по использованию брикетированной соломы в качестве топлива на автомобилях с древесными газогенераторными установками ЗИС-13 и НАТИ Г-14 и на тракторе ЧТЗ с древесной установкой НАТИ Г-25.

Работой в области газогенераторов занимается ряд учреждений: НАТИ, ЦНИИМЭ, Инсторф, ЛИИ, Лесотехническая академия (Ленинград), Ростовский машиностроительный институт и др.

Работы научно-исследовательских институтов в области газогенераторов в основном направлены:

1) на создание газогенераторных установок, позволяющих использовать в качестве топлива, помимо дров и древесного

угля, другие виды твердого топлива, в частности, антрацит, кокс, торф и солому;

- 2) на изучение процессов газификации;
- 3) на повышение калорийности газа;
- 4) на улучшение очистки газа;
- 5) на выявление зависимости работы газогенератора от размеров и свойств твердого топлива;
- 6) на исследование методов повышения мощности двигателя при переводе его с бензина на генераторный газ;
- 7) на создание универсальных газогенераторов, приспособленных для работы на различных видах твердого топлива;
- 8) на изучение работы автомобилей и тракторов в нормальных производственных условиях и обобщение опыта их эксплуатации.

В целях популяризации газогенераторных автомобилей среди широких трудящихся масс нашей страны, а также испытания этих машин на динамику, экономику и надежность работы в эксплуатационных условиях, по решению Совнаркома СССР в 1938 г. был организован пробег грузовых газогенераторных автомобилей.

Маршрут пробега: Москва — Куйбышев — Казань — Уфа — Белорецк — Магнитогорск — Челябинск — Петропавловск — Омск — Свердловск — Пермь — Киров — Горький — Владимир — Иваново — Вологда — Ленинград — Минск — Киев — Москва, протяженностью 10 890 км, в значительной своей части проходили по районам, богатым древесным топливом, где в дальнейшем должны найти широкое применение газогенераторные автомобили и тракторы.

В пробеге участвовало пять типов советских газогенераторных автомобилей: четыре 3-тонных автомобиля ЗИС-5 с древесной газогенераторной установкой ЗИС-21 конструкции автотростройки им. Сталина; два 3-тонных автомобиля ЗИС-5 с древесной газогенераторной установкой ДГ-13 конструкции Гулаг НКВД; четыре 1,5-тонных автомобиля ГАЗ-АА с древесной газогенераторной установкой НАТИ Г-14; один 1,5-тонный автомобиль ГАЗ-АА с древесноугольной установкой НАТИ Г-21 и один автомобиль ЗИС-5 с древесноугольной газогенераторной установкой НАТИ Г-23.

Автопробег показал, что автомобили с газогенераторными установками ЗИС-21, НАТИ Г-14, НАТИ Г-21, и НАТИ Г-23 вполне надежны в работе. Весь путь, около 11 тыс. км, эти автомобили прошли без каких-либо поломок и после окончания пробега технической комиссией признаны годными к дальнейшей эксплуатации без ремонта. Как во время испытаний до пробега, так и в условиях пробега газогенераторные установки

показали высокие конструктивные и эксплуатационные качества.

Помимо автомобилей, работающих на древесном топливе, следует остановиться на антрацитовых автомобилях, применение которых имеет особенно большое значение для районов каменноугольной промышленности.

Попытки создания газогенераторных установок, работающих на антраците, до последнего времени были мало успешными. Большие затруднения, связанные с использованием антрацита в качестве топлива в газогенераторах, заключаются в том, что генераторный газ, получаемый из антрацита, содержит в себе большое количество серы и пыли, губительное действие которых на двигатель общеизвестно. Кроме того, не удавалось подобрать такой тип антрацитного газогенератора, который давал бы достаточно устойчивый газ при переменном режиме работы двигателя.

В связи с этим большой интерес представляют результаты работ государственной комиссии, проводившей испытания автомобилей, работающих на антраците, с целью выбора наилучших конструкций антрацитовых установок и определения возможности принятия их в серийное производство. Испытания были проведены в период с сентября по декабрь 1939 г. Протяженность пробега автомобилей — 7 тыс. км.

В государственных испытаниях участвовало пять антрацитовых установок: две установки Научно-исследовательского автотракторного института — НАТИ Г-21А (для ГАЗ-АА) и НАТИ Г-23А (для ЗИС-5); две установки Ростовского машиностроительного института — АГ-РМИ-12 (для ГАЗ-АА) и АГ-РМИ-13 (для ЗИС-5) и одна установка Ленинградского электротехнического института под маркой «УА-8» (конструкция проф. Наумова). Все перечисленные установки приспособлены также для работы и на древесном угле.

Испытания автомобилей, проведенные в осенне-зимнее время, в разнообразных дорожных условиях, позволили выявить динамические качества автомобилей, их экономику, надежность в работе отдельных агрегатов установок, удобство обслуживания, а также оценить каждую конструкцию с точки зрения простоты ее изготовления.

Наилучшие качества показали автомобили с установками НАТИ Г-21А и НАТИ Г-23А. Они обладают удовлетворительными тяговыми качествами. Приспособляемость установок при переменном режиме работы хорошая. Время розжига газогенератора и запуска двигателя получается примерно такое же, как и при работе на древесном угле, и составляет около 4 минут, при условии розжига холодного газогенератора вентилятором и пуска двигателя непосредственно на

газе. Расход антрацита для полутонного автомобиля составляет около 35 кг, а для трехтонного — около 70 кг на 100 км пути. Одной заправки газогенератора хватает на 200—250 км.

Одним из важных достоинств антрацитовых установок НАТИ Г-21А и НАТИ Г-23А является то, что они запроектированы по типу древесноугольных установок НАТИ Г-21 и НАТИ Г-23, находящихся в серийном производстве, и отличаются друг от друга только тем, что при работе на антраците после тонкого очистителя ставится дополнительный агрегат, предназначенный для очистки газа от сернистых соединений. Эти установки по существу являются универсальными, приспособленными для работы на антраците и на древесном угле. Кроме того, предварительные данные испытаний, проведенных в начале 1940 г., показывают, что эти установки хорошо работают также и на древесноугольных брикетах.

Установки НАТИ Г-21 и НАТИ Г-23 Наркомсредмашем СССР утверждены к серийному производству и будут выпускаться автозаводами: первая — под маркой ГАЗ-43, а вторая — под маркой ЗИС-31.

В соответствии с решением XVIII съезда ВКП(б) перевести на газогенераторы все машины на лесозаготовках, а также значительную часть тракторного парка сельского хозяйства и автомобильного парка, автозаводы Советского Союза организуют массовое производство газогенераторных автомобилей.

Первым газогенераторным автомобилем в СССР, принятым в серийное производство, был автомобиль ЗИС-13. Выпускался он Московским автозаводом им. Сталина с 1936 по 1938 г. С начала 1938 г. и по настоящее время автозавод им. Сталина выпускает более совершенный автомобиль под маркой ЗИС-21. В 1939 г. этот завод приступил еще к освоению производства автомобиля с древесноугольной установкой под маркой ЗИС-31. Горьковский автозавод им. Молотова с 1938 г. выпускает газогенераторный автомобиль под маркой ГАЗ-42.

В 1940 г. будут выпускаться два автомобиля с древесными установками: ГАЗ-42 и ЗИС-21 и два автомобиля с универсальными установками: ГАЗ-43 и ЗИС-31, приспособленными для работы на древесном угле и на антраците.

Производство автомобилей, работающих без бензина (включая газовые и газобаллонные автомобили), начиная с 1940 г., резко увеличивается и в 1942 г. — последнем году третьей пятилетки — составит свыше 110 тыс. штук из общего выпуска 400 тыс. автомобилей, намеченных по плану.

В заключение следует сказать о технике газогенераторостроения, которая за последние годы настолько продвинулась вперед, что имеется полная возможность говорить о газогенераторном автомобиле как о серьезном конкуренте бензиновому и дизельному автомобилю, особенно в районах, расположенных на большом расстоянии от источников добычи жидкого горючего и обладающих запасами местного твердого топлива.

Часть первая

**ДИНАМИКА ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО АВТОМОБИЛЯ**

**ПРИЧИНЫ СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ  
ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО АВТОМОБИЛЯ ПО СРАВНЕНИЮ  
С БЕНЗИНОВЫМ**

Практика проектирования газогенераторных автомобилей за границей и у нас показывает, что конструкторская мысль много работает над возможностью приспособления стандартного бензинового и дизельного автомобиля для работы на генераторном газе. В частности в нашей стране проектирование грузовых газогенераторных автомобилей основано на максимальном использовании стандартного шасси бензиновых автомобилей ГАЗ-АА и ЗИС-5.

Если вопросы надежности и долговечности в работе агрегатов и отдельных деталей газогенераторного автомобиля можно считать разрешенными удовлетворительно, то вопрос динамики автомобиля в значительной мере является недоработанным. Ряд испытаний, а также и практика эксплуатации газогенераторных автомобилей показывают, что последние обладают более низкими динамическими качествами, чем одноклассовые бензиновые автомобили.

Наглядное представление об ухудшении динамических качеств газогенераторных автомобилей дают рис. 3, 4, 5, 6, 7 и 8. На этих рисунках нанесены: тяговое усилие на ведущих колесах  $N_k$ , динамический фактор  $D$  и ускорение  $j_a$  газогенераторных автомобилей ГАЗ-42 и ЗИС-21 и бензиновых автомобилей ГАЗ-АА и ЗИС-5. Эти графики получены расчетным путем по внешним характеристикам двигателей, представленным на рис. 1 и 2. Вес автомобилей ГАЗ-42 и ГАЗ-АА был принят 3400 кг, а автомобилей ЗИС-21 и ЗИС-5 — 6300 кг.

Передаточное число главной передачи автомобиля ГАЗ-42 было принято — 7,5, а автомобиля ГАЗ-АА — 6,6, для автомобиля ЗИС-21 — 7,66 и автомобиля ЗИС-5 — 6,41.

Рис. 1. 1—внешняя характеристика двигателя М-1 на бензине при степени сжатия—4,6; 2—внешняя характеристика двигателя М-1 на газе при степени сжатия—6,3; 3—внешняя характеристика двигателя ГАЗ на бензине при степени сжатия—4,2; 4—эффективное давление двигателя М-1 на бензине; 5—эффективное давление двигателя М-1 на газе.

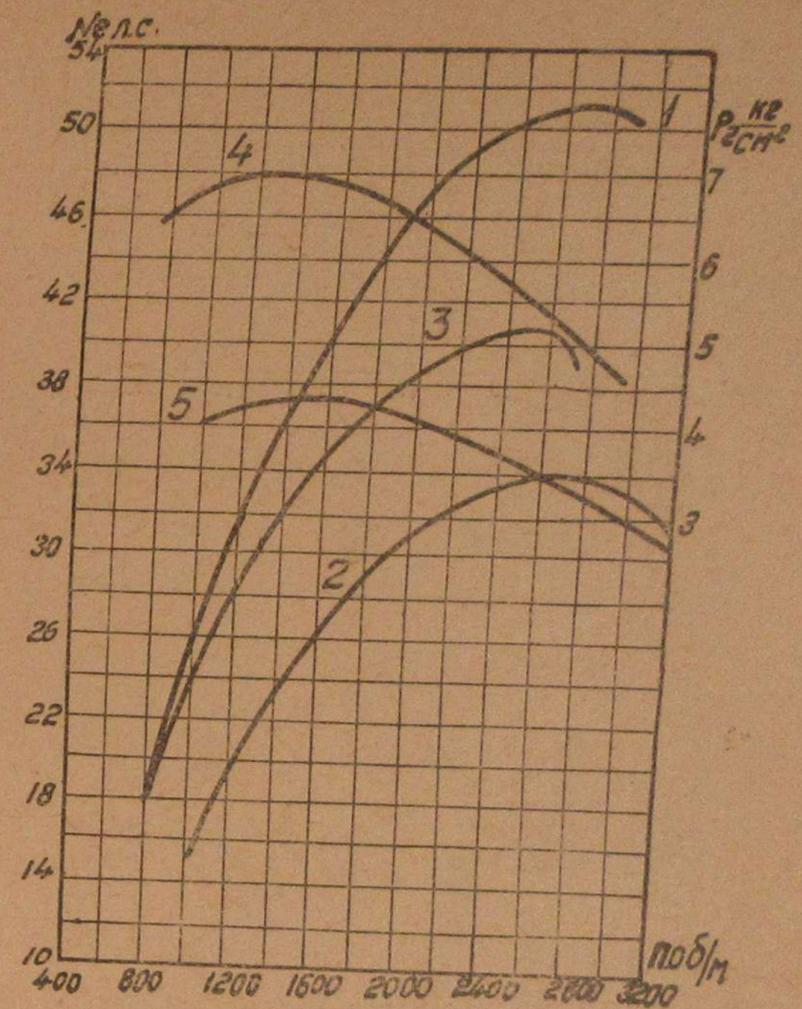
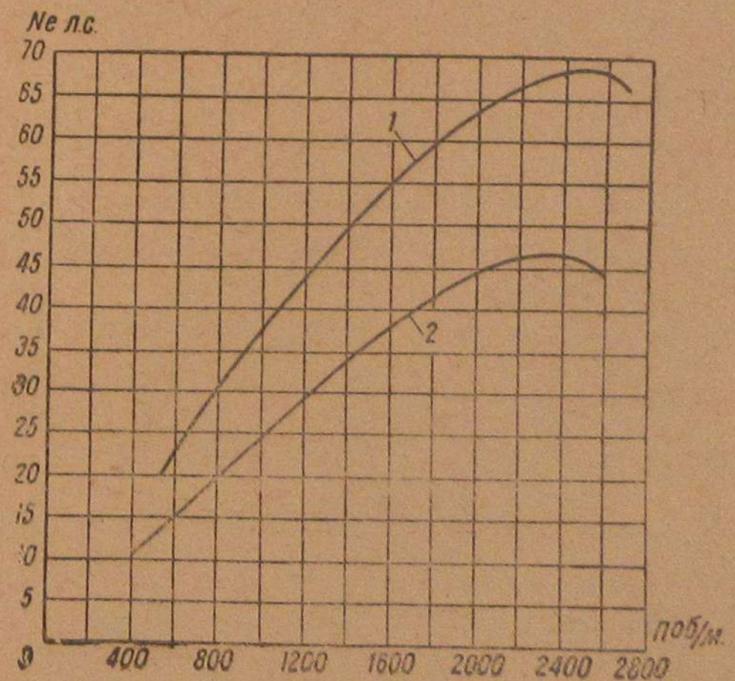


Рис. 2. Внешние характеристики двигателя ЗИС-5: 1—на бензине при степени сжатия—4,8; 2—на газе при степени сжатия—7,0.



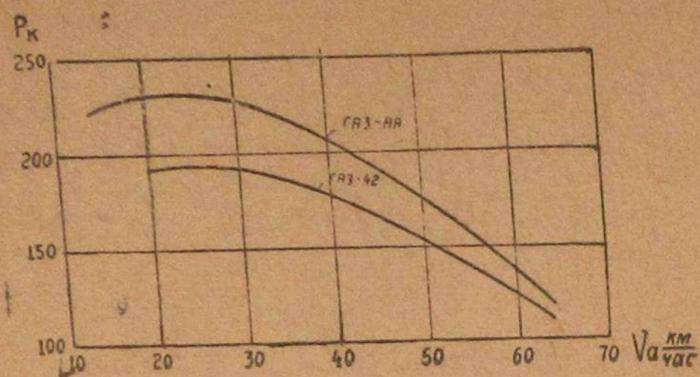


Рис. 3. Тяговое усилие на ведущих колесах автомобилей ГАЗ-42 и ГАЗ-АА на прямой передаче.

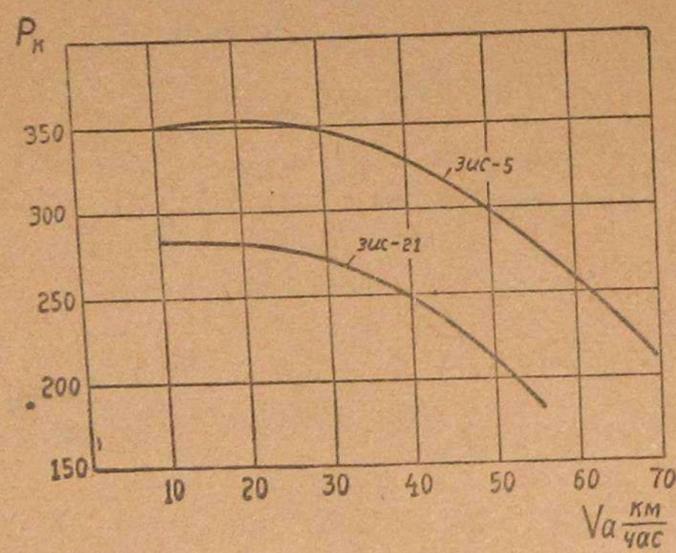


Рис. 4. Тяговое усилие на ведущих колесах автомобилей ЗИС-21 и ЗИС-5 на прямой передаче.

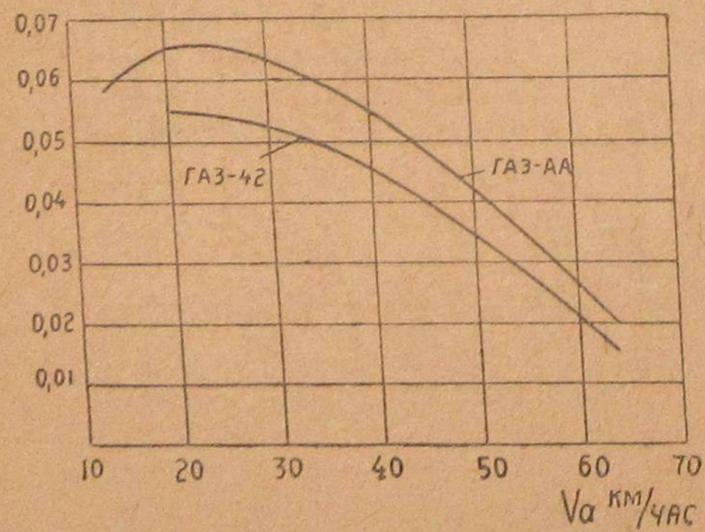


Рис. 5. Динамическая характеристика автомобилей ГАЗ-42 и ГАЗ-АА на прямой передаче.

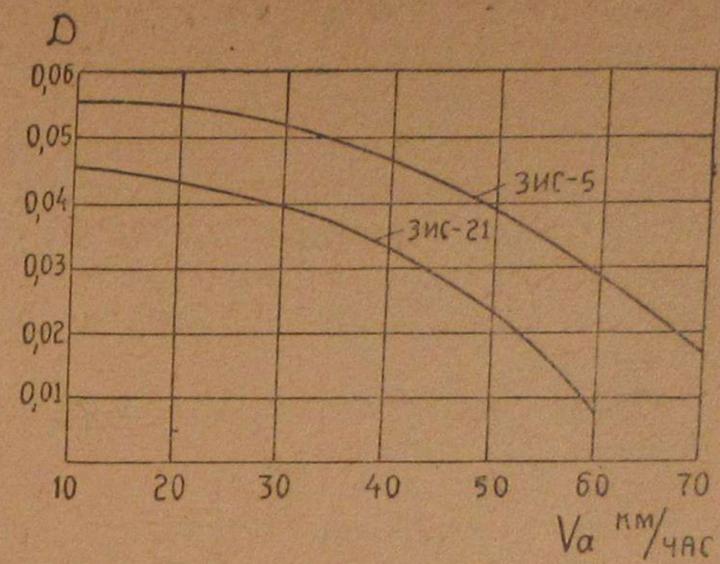


Рис. 6. Динамическая характеристика автомобилей ЗИС-21 и ЗИС-5 на прямой передаче.

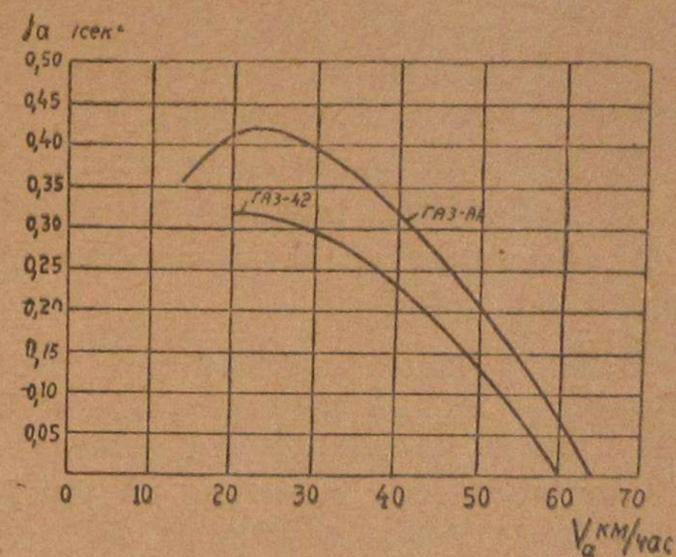


Рис. 7. Ускорение автомобилей ГАЗ-42 и ГАЗ-АА на прямой передаче.

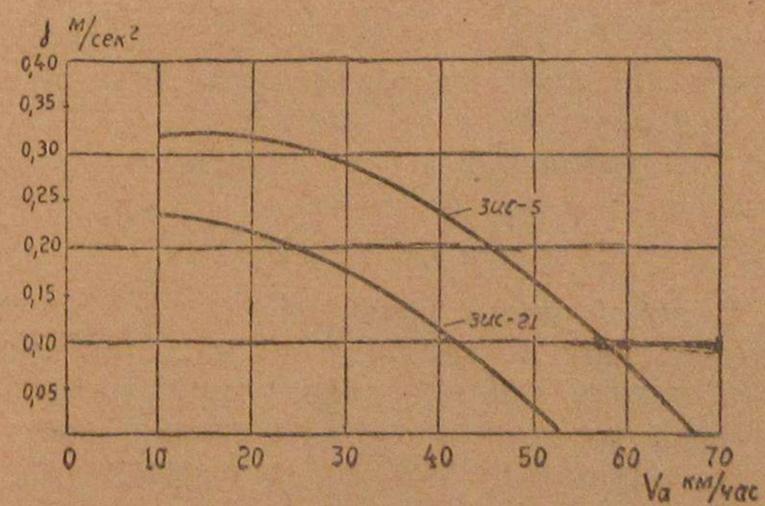


Рис. 8. Ускорение автомобилей ЗИС-21 и ЗИС-5 на прямой передаче.

Ускорение для всех автомобилей подсчитано при условии движения по дороге, характеризуемой коэффициентом сопротивления качению — 0,02.

В чем же заключаются причины снижения динамических качеств газогенераторного автомобиля по сравнению с бензиновым? Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим рабочий баланс автомобиля, т. е. распределение мощности двигателя на преодоление различных видов сопротивления движению автомобиля.

Рабочий баланс автомобиля может быть представлен следующим уравнением:

$$N_e = N_r + N_f \pm N_h \pm N_j + N_w, \quad (1)$$

где  $N_e$  — эффективная мощность двигателя;

$N_r$  — мощность, теряемая на трение в механизмах трансмиссии;

$N_f$  — мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению автомобиля;

$N_h$  — мощность, затрачиваемая на преодоление подъема;

$N_j$  — мощность, затрачиваемая на разгон автомобиля;

$N_w$  — мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха.

В левой части уравнения (1) стоит мощность двигателя, а в правой — сумма мощностей, идущих на преодоление различных видов сопротивления движению автомобиля.

Мощность  $N_r$ , теряемая на трение в механизмах трансмиссии, может быть выражена через мощность двигателя  $N_e$ :

$$N_r = N_e (1 - \eta_m), \quad (2)$$

где:  $\eta_m$  — есть механический коэффициент полезного действия трансмиссии автомобиля. Если мощность  $N_r$ , выраженную через мощность двигателя  $N_e$  и м. к. п. д.  $\eta_m$  подставить в уравнение (1), то получим:

$$N_e \eta_m = N_f \pm N_h \pm N_j + N_w, \quad (3)$$

В левой части уравнения (3) стоит мощность двигателя, подведенная к ведущим колесам автомобиля, т. е. за вычетом потерь мощности на трение в механизмах трансмиссии. Правая же часть этого уравнения составляет сумму мощностей, идущих на преодоление различных видов сопротивления движению автомобиля.

Уравнение (3) показывает, что чем больше мощность двигателя  $N_e$ , тем лучше будут динамические качества автомобиля. Последний сможет преодолевать большее дорожное сопротивление и иметь большее ускорение. При рассмотрении динамических качеств газогенераторного автомобиля следует иметь в виду, что мощность двигателя на генераторном газе в большинстве случаев составляет всего лишь 65—70% от мощности бензинового двигателя. Поэтому газогенераторный автомобиль при всех прочих равных условиях будет обладать худшими динамическими качествами, чем однотипный бензиновый автомобиль.

Из уравнения (3) видно, что чем меньше будет каждое из слагаемых правой его части, тем меньше потребуется мощность двигателя для преодоления сопротивления движению автомобиля. Разберем более подробно каждый член правой части этого уравнения.

Мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению автомобиля, выражается следующим уравнением:

$$N_f = \frac{G_a f V_a}{270}. \quad (4)$$

Для преодоления подъема:

$$N_h = \frac{G_a h V_a}{270}. \quad (5)$$

И мощность, идущая на разгон автомобиля:

$$N_j = \frac{G_a \delta j_a V_a}{270}, \quad (6)$$

где  $f$  — коэффициент сопротивления качению автомобиля;

$G_a$  — полный вес автомобиля в кг;

$V_a$  — скорость автомобиля в км/час;

$h$  — угол подъема в процентах;

$\delta$  — коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс на разгон автомобиля;

$j_a$  — ускорение автомобиля в м/сек.<sup>2</sup>;

$g$  — ускорение силы тяжести в м/сек.<sup>2</sup>

Из уравнений (4), (5) и (6) видно, что с увеличением веса и скорости движения автомобиля возрастает и мощность, затрачиваемая на преодоление указанных выше сопротивлений.

При равной скорости движения газогенераторного и бензи-

нового автомобилей по дороге с одинаковым значением коэффициента качения  $f$  затрата мощности на передвижение газогенераторного автомобиля составит большую величину, чем для бензинового, по причине увеличения его веса за счет смонтированной на нем газогенераторной установки<sup>1</sup>.

Вследствие уменьшения мощности газогенераторного двигателя, а также увеличения мертвого веса, газогенераторный автомобиль обладает меньшим запасом мощности, который может быть израсходован на преодоление подъема или на сообщение автомобилю ускорения. Этим и объясняется то, что газогенераторные автомобили для преодоления суммарного дорожного сопротивления вынуждены чаще, чем бензиновые автомобили, работать на низших передачах.

По этой же причине газогенераторные автомобили преодолевают меньшие подъемы и обладают значительно худшей приемистостью по сравнению с однотипными бензиновыми автомобилями.

Мощность, идущая на преодоление сопротивления воздуха, может быть выражена уравнением:

$$N_w = \frac{KFV_a^3}{3500}, \quad (7)$$

где  $N_w$  — мощность, расходуемая на преодоление сопротивления воздуха;

$K$  — коэффициент, характеризующий обтекаемость автомобиля;

$F$  — лобовая площадь автомобиля в м<sup>2</sup>;

$V_a$  — скорость автомобиля в км/час.

Зависимость величин, входящих в уравнение (7) показывает, что мощность, идущая на преодоление сопротивления воздуха, прямо пропорциональна коэффициенту обтекаемости  $K$  лобовой площади автомобиля  $F$  и скорости движения  $V_a^3$ .

Газогенераторный автомобиль по сравнению с бензиновым при одинаковой скорости движения испытывает большее сопротивление воздуха. Последнее происходит благодаря некоторому увеличению лобовой площади автомобиля за счет размещения на нем газогенератора и тонкого очистителя. Вследствие дополнительных выступов деталей газогенераторной установки обтекаемость газогенераторного автомобиля также получается несколько хуже бензинового.

<sup>1</sup> Вес газогенераторной установки для современных грузовых автомобилей колеблется в пределах 250—500 кг,

При небольших скоростях движения затрата мощности на преодоление сопротивления воздуха получается незначительной и существенной роли не играет. Однако при скоростях движения 40—50 км/час сопротивление воздуха заметно возрастает, и пренебрегать им ни в коем случае не следует.

Изложенное выше позволяет сделать заключение, что снижение динамических качеств газогенераторного автомобиля по сравнению с бензиновым происходит по трем причинам:

1) вследствие падения мощности двигателя при переводе его с бензина на газ;

2) увеличения мертвого веса автомобиля и

3) увеличения фактора воздушного сопротивления  $KF$ .

## СПОСОБЫ УЛУЧШЕНИЯ ДИНАМИКИ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО АВТОМОБИЛЯ

### Компенсация падения мощности двигателя при переводе с бензина на газ

При заданном литраже на внешнюю характеристику бензинового двигателя оказывают влияние следующие факторы: 1) степень сжатия, 2) фазы распределения, 3) сечение всасывающих трубопроводов, 4) регулировка карбюратора, 5) качество применяемого топлива.

При работе же двигателя на генераторном газе его мощность в значительной мере зависит от работы газогенераторной установки, питающей двигатель газом. На мощность газогенераторного двигателя, помимо перечисленных выше факторов, оказывают влияние еще следующие показатели: 1) состав газовой смеси, 2) температура газа, 3) влажность газа, 4) сопротивление установки всасыванию газа в двигатель.

Работы НАТИ, ЛИИ, Лесотехнической академии, завода ЗИС, а также ряда других научно-исследовательских институтов и учреждений показывают, что при переводе двигателя с бензина на газ, он неизбежно теряет часть своей мощности. Падение мощности бензинового двигателя, приспособленного для работы на генераторном газе, составляет 25—35%, а в отдельных случаях даже и выше.

Одной из основных причин снижения мощности газогенераторного двигателя по сравнению с бензиновым является пониженная теплотворная способность газовой рабочей смеси по сравнению с бензиновой рабочей смесью. При работе двигателя на бензине калорийность рабочей смеси составляет около 800 кал./м<sup>3</sup>, в то время, как рабочая смесь, составленная из генераторного газа и воздуха обладает калорийностью

всего лишь 530—550 кал/м<sup>3</sup>, что по отношению к калорийности бензиновой смеси составляет 65—70%.

На понижение мощности двигателя в значительной мере сказывает влияние коэффициент наполнения. Наполнение цилиндров двигателя при работе на генераторном газе меньше, чем при работе на бензине. Объясняется это тем, что температура газовой смеси, поступающей в двигатель, выше, чем температура бензиново-воздушной смеси. Следовательно, за единицу времени, при всех прочих равных условиях, в цилиндры газогенераторного двигателя будет засосано меньшее весовое количество газовой смеси, и при сгорании ее выделится меньшее количество тепловой энергии. Поэтому, для улучшения наполнения двигателя необходимо газ как можно лучше охладить.

В двигателях внутреннего сгорания, работающих на жидком топливе для лучшего испарения горючего применяется подогрев рабочей смеси. В большинстве случаев для этой цели используется теплота отработанных газов. Всасывающий и выхлопной коллекторы стремятся расположить ближе друг к другу. Зачастую оба коллектора отливаются совместно, как одна деталь. Применяются также ряд других специальных мер для подогрева воздуха или рабочей смеси, или же того и другого одновременно. Если в бензиновых двигателях подогрев рабочей смеси желателен, то в газогенераторном двигателе это совершенно не требуется. В целях лучшего наполнения двигателя, как уже указывалось, генераторный газ должен быть достаточно хорошо охлажден. Влияние температуры газа на мощность двигателя дано на рис. 9.

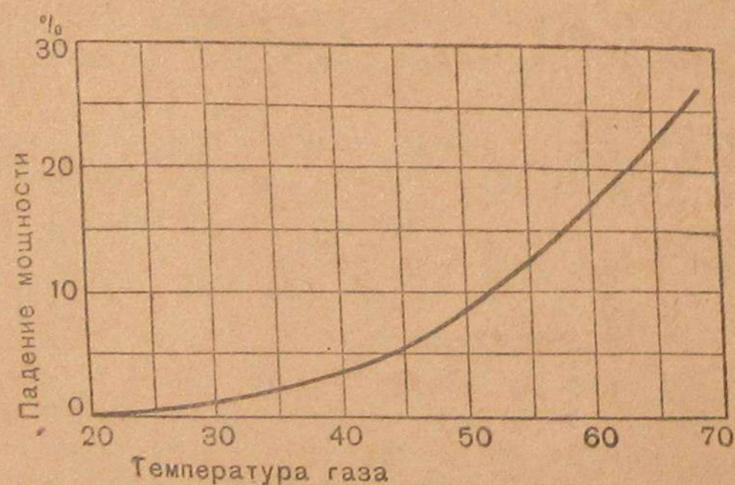


Рис. 9. Влияние температуры газа на мощность двигателя.

Температура газа, подводимого к смесителю, зависит от режима работы двигателя, от температуры окружающего воз-

духа, скорости движения автомобиля и от расположения охладителей на автомобиле.

Повышение температуры газа, наряду с увеличением его удельного объема (что отражается на наполнении двигателя), приводит к увеличению влажности газа в соответствии с той температурой, при которой он насыщается парами воды. Влияние температуры газа на содержание в нем влаги дано в табл. 1.

Таблица 1

Температура генераторного газа (в °C)	Содержание влаги в газе (в г/м <sup>3</sup> )
20	19,0
50	110,0
60	197,0
70	357,0

Наполнение двигателя уменьшается еще и по той причине, что сопротивление всасыванию при работе двигателя на газе значительно больше, чем при работе на бензине. В бензиновом двигателе рабочая смесь от карбюратора до цилиндров двигателя проходит небольшое расстояние по всасывающему коллектору. В противоположность бензиновому двигателю в газогенераторном двигателе генераторный газ, прежде чем попасть в цилиндры, проходит довольно длинный путь через систему очистителей, а также трубопроводов, соединяющих между собой отдельные агрегаты газогенераторной установки, и создающих повышенное сопротивление всасыванию.

Причиной понижения мощности газогенераторного двигателя является также меньшая скорость горения газовой смеси. Рабочая смесь, составленная из генераторного газа и воздуха, для обеспечения достаточно быстрого и хорошего сгорания требует большего сжатия, чем это необходимо для сгорания бензиново-воздушной смеси. Поэтому, работа двигателя на генераторном газе при низких степенях сжатия 4-5 протекает неустойчиво, рабочая смесь горит медленно, и мощность двигателя при этом значительно понижается. Этим и объясняется то, что при работе двигателя на газе применяется более высокая степень сжатия, чем при работе на бензине. Оперение зажигания в газогенераторных двигателях дается обычно несколько большее, чем в бензиновых.

Таким образом, можно считать, что падение мощности газогенераторного двигателя по сравнению с бензиновым происходит в основном по трем причинам:

- 1) вследствие меньшей калорийности газовойоздушной рабочей смеси по сравнению с бензовоздушной;
- 2) уменьшения коэффициента наполнения двигателя вследствие повышения сопротивления всасыванию и увеличения температуры рабочей смеси;
- 3) меньшей скорости сгорания газовойоздушной смеси по сравнению с бензовоздушной.

Повышение мощности двигателя при работе на генераторном газе может быть достигнуто путем ряда мероприятий, к числу которых относятся:

- 1) повышение степени сжатия;
- 2) увеличение проходных сечений всасывающих клапанов и коллектора, а также изоляция всасывающего коллектора от подогрева выхлопными газами;
- 3) увеличение литража двигателя путем расточки цилиндров;
- 4) коренная переделка двигателя (изменение диаметра и хода поршня и системы распределения);
- 5) наддув газовой смеси в цилиндры двигателя;
- 6) обогащение генераторного газа присадкой к нему жидкого топлива.

#### Повышение степени сжатия

Одним из наиболее рациональных и эффективных методов повышения мощности двигателя является увеличение степени сжатия  $E$ . Увеличение степени сжатия в свою очередь повышает термический коэффициент полезного действия двигателя  $\eta_t$ .

Термический коэффициент полезного действия  $\eta_t$  идеального цикла Отто, по которому работают бензиновые и газогенераторные двигатели, определяется следующим уравнением:

$$\eta_t = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}, \quad (8)$$

где  $Q_1$  — тепло, подводимое к газу за цикл,  
 $Q_2$  — тепло, отнимаемое за цикл,  
 $Q_1 - Q_2$  представляют количество теплоты, использованное и переведенное в работу.

Если значение  $Q_1$  и  $Q_2$  выразить через теплоемкость и температуры газа и подставить в уравнение (8), то после ряда преоб-

разований получим  $\eta_t$ , как функцию степени сжатия  $E$  и показателя адиабаты  $K$ :

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{E^{K-1}} \quad (9)$$

Из формулы (9) видно, что термический к. п. д. цикла Отто зависит от степени сжатия  $E$  и показателя  $K$ , возрастая с их увеличением. На рис. 10 даны кривые изменения  $\eta_t$  в зависимости от значений  $E$  и  $K$ . Характер протекания кривых показывает значительное увеличение  $\eta_t$  при начальном увеличении степени сжатия  $E$ . При степенях сжатия свыше семи увеличение  $\eta_t$  происходит более медленно.

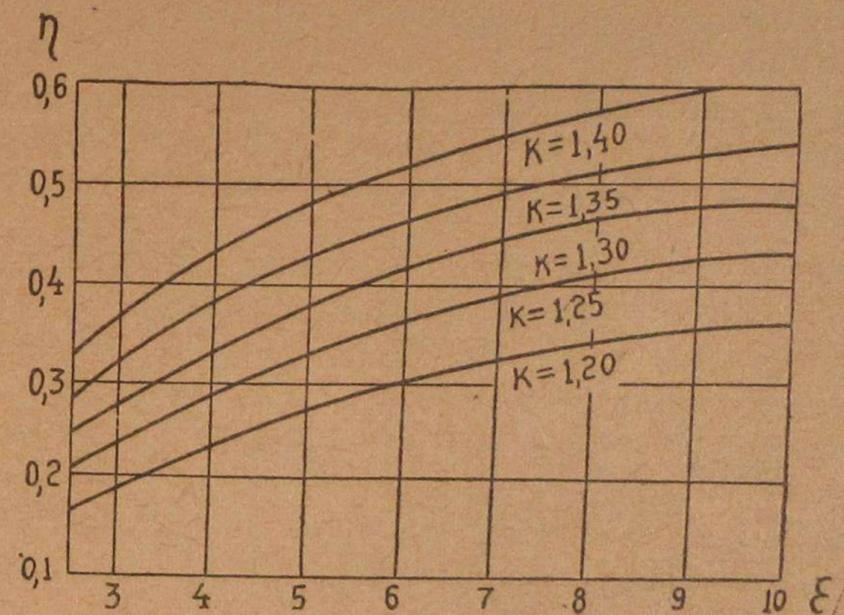


Рис. 10. Изменение термического к.п.д. в зависимости от степени сжатия для различных показателей адиабаты  $K$ .

Влияние степени сжатия  $E$  и термического коэффициента полезного действия  $\eta_t$  на индикаторное давление, а следовательно, и на мощность двигателя видно из уравнений (10) и (11):

$$p_t = E \eta_v \eta_t \eta_g \frac{H_u}{\alpha L_o} \cdot \frac{283 p_o}{T_o 10^4} \text{ кг/см}^2, \quad (10)$$

$$N_e = \eta_m \frac{p_i V_h}{900} \text{ л. с.}, \quad (11)$$

где  $N_e$  — эффективная мощность в л. с.;

- $\eta_m$  — механический коэффициент полезного действия двигателя;
- $p_i$  — индикаторное давление в  $\text{кг/см}^2$ ;
- $V_h$  — рабочий объем цилиндров в л;
- $n$  — число оборотов в минуту;
- $E$  — степень сжатия;
- $\eta_v$  — коэффициент наполнения двигателя;
- $\eta_t$  — термический коэффициент полезного действия;
- $\eta_g$  — относительный коэффициент полезного действия;
- $H_u$  — теплотворная способность топлива в кал/кг;
- $\alpha$  — коэффициент избытка воздуха;
- $L_o$  — теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива в кг;
- $p_o$  — давление окружающей среды в  $\text{кг/см}^2$ ;
- $T_o$  — температура окружающего воздуха по абсолютной шкале.

Улучшение экономичности газогенераторного двигателя с повышением степени сжатия может быть иллюстрировано на примере двигателей ГАЗ и ЗИС, переведенных с бензина на газ (рис. 11).

Для бензинового двигателя повышение степени сжатия ограничивается склонностью топлива к детонации и самовоспла-

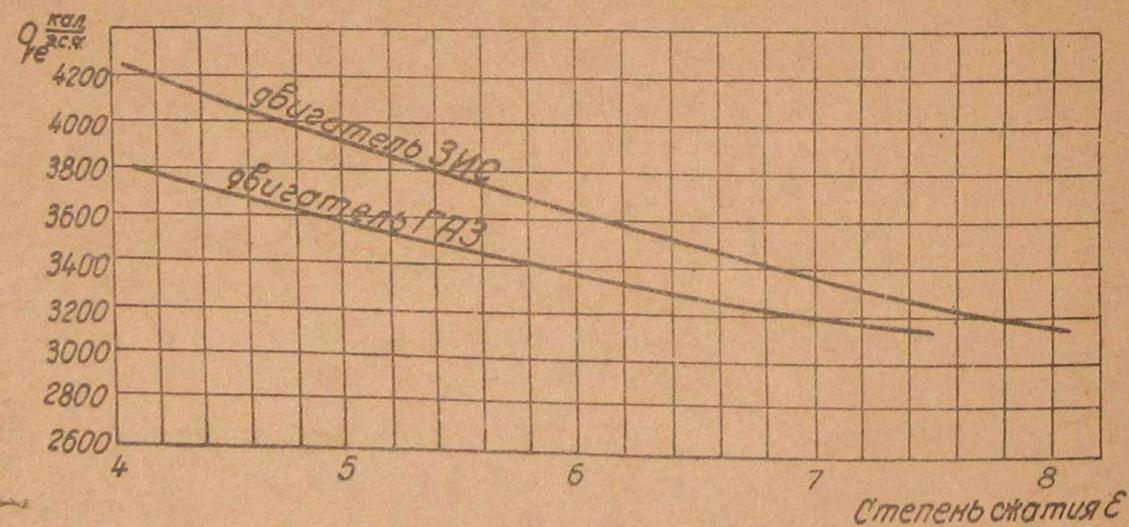


Рис. 11. Расход тепла на эффективную силу в час в газогенераторных двигателях ГАЗ и ЗИС в зависимости от степени сжатия (НАТИ).

менению. Поэтому практически степень сжатия бензиновых двигателей в большинстве случаев колеблется в пределах 4—6,5. Что же касается двигателей, работающих на генераторном газе, как это показывает наша и зарубежная практика, степень сжатия двигателя может быть значительно повышена без склонности газовой смеси к детонации и преждевременным вспышкам.

Таблица 2

Потеря мощности газогенераторного двигателя АМО-3 в зависимости от степени сжатия (по данным ЦНИИМЭ)

Степень сжатия . . . . .	6	7	8	9	10
Потеря мощности (в процентах) . . . . .	47	40	28	13	2

Повышение степени сжатия газогенераторного двигателя лимитируется рядом причин, основной из которых является ухудшение наполнения цилиндров двигателя. Исследования, проведенные проф. В. П. Карповым в ВАММ им. Сталина, на двигателях, имеющих нижнее распределение, показали, что выгоды, получаемые при увеличении степени сжатия выше определенного значения, теряются вследствие уменьшения коэффициента наполнения.

Кюнэ и Кох, на основе многочисленных опытов, проведенных ими в Высшей технической школе в Мюнхене, утверждают, что «степень сжатия в большинстве двигателей допустимо повышать лишь до предела  $E=9$ , так как более высокие степени сжатия вызывают перенапряжение в кривошипном механизме вследствие быстрого нарастания максимальных давлений вспышки в цилиндрах. При таких высоких степенях сжатия исключается вместе с тем возможность работы двигателя на жидком топливе; даже присадка незначительного количества жидкого топлива к газу при высокой степени сжатия в двигателе может иметь следствием повреждение в деталях кривошипного механизма».

На отечественных газогенераторных автомобилях, принятых к массовому производству, стоят двигатели с увеличенной степенью сжатия. На газогенераторных автомобилях ГАЗ-42 и ГАЗ-43 ставится двигатель М-1. Степень сжатия его на газе повышена до 6,5 против 4,6 при работе на бензине. У газогенераторного двигателя ЗИС, устанавливаемого на автомобилях ЗИС-21 и ЗИС-31, степень сжатия повышена до 7 против 4,6 в нормальном бензиновом двигателе. В обоих случаях повышение степени сжатия достигнуто путем постановки новой головки блока с уменьшенной камерой горения. Шатунно-кривошипная группа в обоих двигателях оставлена без изменений.

В целях уменьшения влияния подогрева газовой смеси от выхлопного коллектора всасывающий коллектор газогенераторного двигателя ЗИС-5 отливается отдельно от выхлопного коллектора. Для двигателя М-1, переоборудован-

ного для работы на генераторном газе, всасывающий коллектор отливаётся также по новой модели. Относительное расположение всасывающего коллектора как на двигателе ЗИС-5, так и на двигателе М-1, изменено с учетом уменьшения подогрева газозооной смеси от выхлопного коллектора.

Для уменьшения сопротивления движению рабочей смеси проходное сечение всасывающего коллектора на обоих двигателях увеличено. В частности на двигателе ЗИС-5, приспособленном для работы на газе, размеры всасывающего коллектора увеличены до  $42 \times 42$  мм против  $36,5 \times 36,5$  мм в бензиновом двигателе ЗИС-5. Диаметр входного отверстия всасывающего коллектора увеличен до 46 мм против 41 мм в бензиновом двигателе.

Несмотря на ряд конструктивных изменений, применяемых для сохранения мощности газогенераторного двигателя, все же она получается значительно ниже мощности бензинового двигателя. Наглядное представление об этом дают внешние характеристики двигателей М-1 и ЗИС-5, представленные на рис. 1 и 2.

Максимальная мощность двигателя ЗИС-5 на газе составляет 47 л. с. против 68 л. с., развиваемых двигателем при работе на бензине, т. е. уменьшается на 31%. Примерно такое же снижение мощности происходит на малых и средних оборотах. У двигателя М-1 падение мощности на газе получается около 35%.

Уменьшение мощности газогенераторных двигателей М-1 и ЗИС-5, безусловно, не может не отразиться на снижении динамических качеств автомобилей ГАЗ-42 и ЗИС-21.

В целях выявления величины потери мощности двигателя ГАЗ при переводе его с бензина на генераторный газ в моторной лаборатории НАТИ с двигателя были сняты внешние характеристики на бензине при степени сжатия  $E=4,2$  и на генераторном газе при  $E=4,2$  и  $E=6,4$ .

Из рис. 12 видно, что максимальная мощность двигателя ГАЗ на газе при степени сжатия  $E=4,2$  составляет 23 л. с. при 2000 об/мин., а при степени сжатия  $E=6,4$  повышается до 28,5 л. с. при тех же оборотах. Мощность двигателя на бензине при стандартной степени сжатия  $E=4,2$  равна 38,2 л. с.

Из приведенных цифр видно, что при переводе двигателя с бензина на газ, мощность его снижается на 40% при степени сжатия  $E=4,2$  и на 25% при  $E=6,4$ .

Анализ приведенных данных показывает, если бензиновый двигатель без конструктивных изменений перевести на генераторный газ, то мощность его резко понижается. Повышение степени сжатия двигателя с 4,2 до 6,4 дает некоторое повышение мощности. Однако, как это явствует из рис. 12, внеш-

няя характеристика двигателя ГАЗ и при увеличенной степени сжатия — 6,4 — лежит значительно ниже, чем кривая мощности бензинового двигателя.

Испытания, проведенные в Ленинградском индустриальном институте с двигателем ГАЗ при различных степенях сжатия,

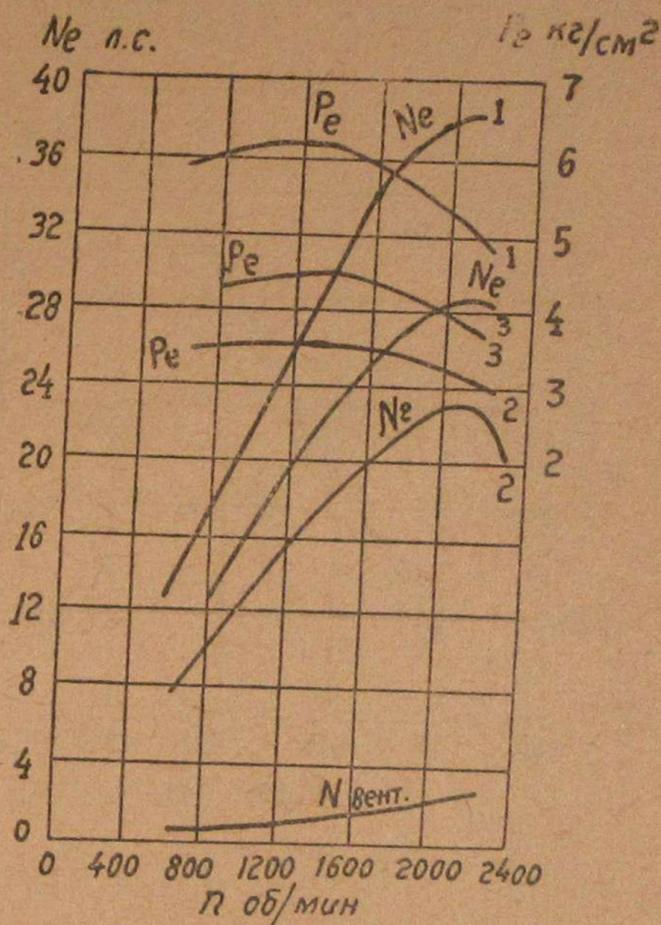


Рис. 12. Внешние характеристики двигателя ГАЗ на бензине и на газе при различных степенях сжатия: 1—на бензине  $E=4,2$ ; 2—на газе  $E=4,2$ ; 3—на газе  $E=6,4$  (НАТИ).

подтверждают экспериментальные данные, полученные НАТИ. На рис. 13 даны внешние характеристики двигателя ГАЗ при работе на газе при степенях сжатия 4,23; 5,65 и 7,6.

Согласно опытам Кюнэ и Кох (Мюнхенская высшая техническая школа), проведенным на двигателе Кемпер с нормальной степенью сжатия  $E=5,17$  при питании двигателя генераторным газом, падение мощности получилось около 38% по сравнению с мощностью, развиваемой двигателем при работе на бензоле (табл. 3).

Испытания производились при степенях сжатия: 5,17; 6,89 и 8,89 с газогенератором германского общества дровяных газогенераторов ГОДГ и фирмы «Имберт». Топливом служили буковые чурки размером  $8 \text{ см} \times 30 \text{ см}^2$  и влажностью около

17%. На рис. 14 и 15 даны внешние характеристики двигателя и удельные расходы древесного топлива при различных степенях сжатия. Из приведенных кривых видно, что при повышении степени сжатия с 5,17 до 8,89 мощность двигателя

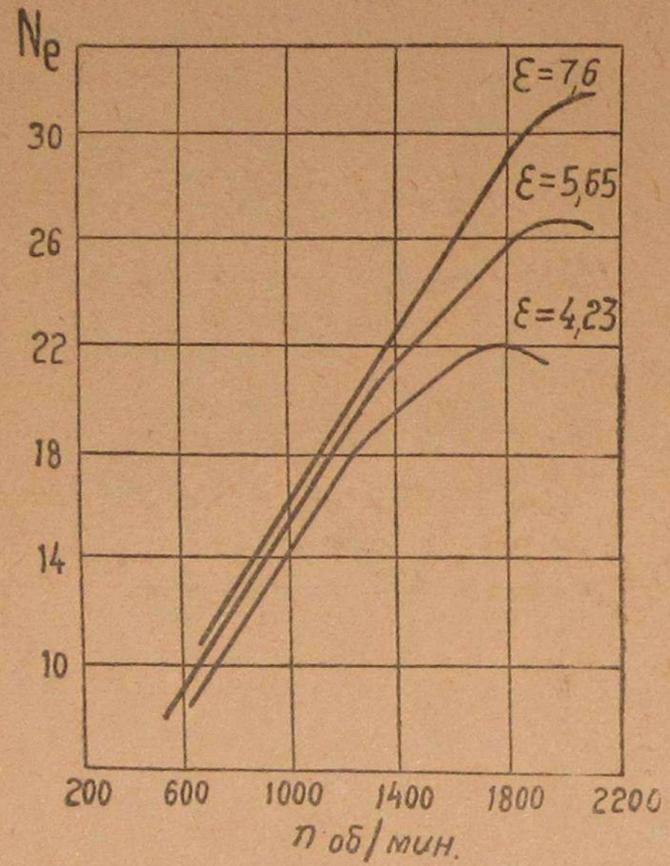


Рис. 13. Внешние характеристики двигателя ГАЗ на газе при разных степенях сжатия (ЛИИ)

Таблица 3

Падение мощности двигателя Кемпер на газе (в процентах) по сравнению с мощностью на бензоле, при  $n = 1100$  об/мин.

Тип газогенератора	$E = 5,17$	$E = 6,89$	$E = 8,89$
ГОДГ . . . . .	38,2	29,5	21,3
Имберт . . . . .	34,8	30,8	21,1

при нормальном числе оборотов ( $n = 1100$  об/мин.) была повышена с 32,1 до 40,8 л. с. (ГОДГ) или с 33,8 до 40,9 л. с. (Имберт); при увеличении степени сжатия с 5,17 до 6,89 мощность повысилась с 32,1 до 36,6 л. с. и с 33,8 до 35,9 л. с.

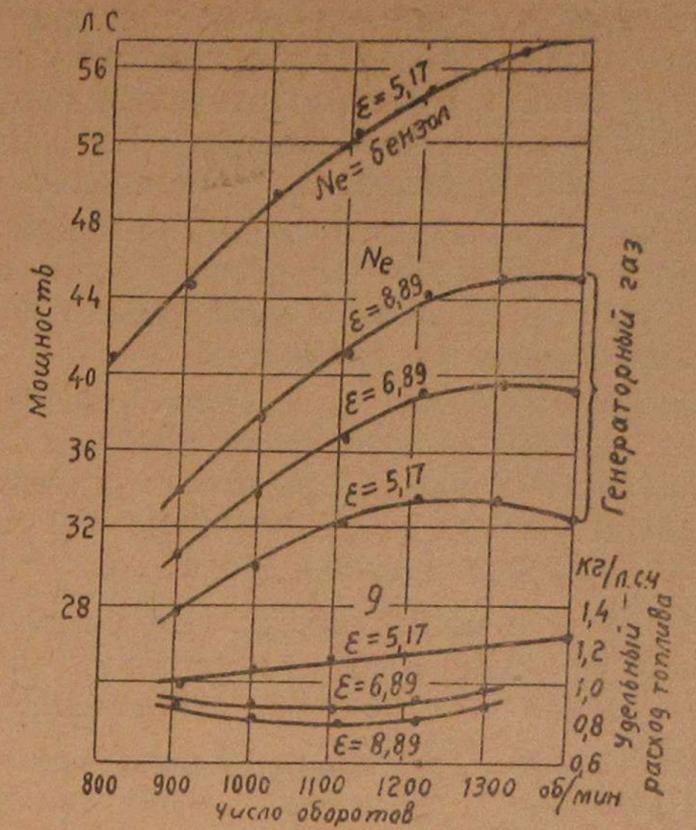


Рис. 14. Внешние характеристики двигателя Кемпер при разных степенях сжатия (газогенератор ГОДГ).

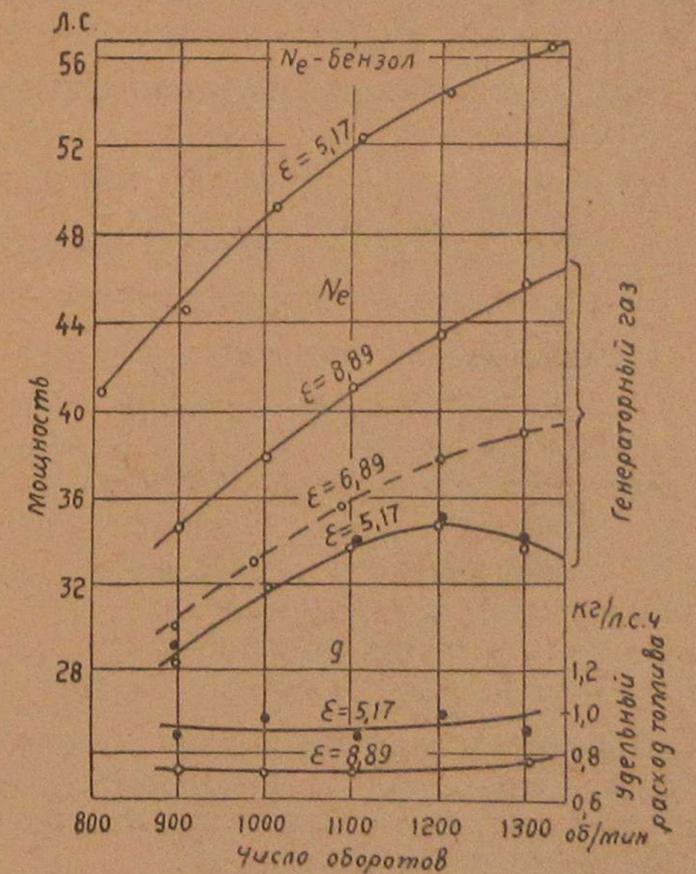


Рис. 15. Внешние характеристики двигателя Кемпер при разных степенях сжатия (газогенератор Имберт).

За границей большое распространение получили газогенераторные автомобили, работающие при более высокой степени сжатия двигателя, чем это принято у нас. Большинство новейших и наиболее распространенных марок газогенераторных автомобилей: Панар-Левассор, Грефртифт, Бюссинг и ряд других имеют двигатели со степенью сжатия 8—8,5.

Приведенные выше данные позволяют сделать вывод, что перевод бензинового двигателя без конструктивных изменений для работы на генераторном газе влечет за собой значительное снижение его мощности.

Увеличение степени сжатия газогенераторного двигателя дает некоторое повышение мощности. Однако, внешняя характеристика газогенераторного двигателя и при увеличенной степени сжатия (в пределах до 10) лежит ниже, чем кривая мощности бензинового двигателя.

Снижение мощности газогенераторного двигателя неизбежно ведет к ухудшению динамических качеств газогенераторного автомобиля по сравнению с бензиновым.

В целях сравнительной оценки динамических качеств газогенераторного автомобиля с бензиновым и выяснения влияния степени сжатия двигателя на динамику газогенераторного автомобиля НАТИ, были проведены дорожные испытания автомобилей ГАЗ-АА и ЗИС-5 на бензине и на генераторном газе при различных степенях сжатия двигателя.

В задачу испытаний входило определение следующих показателей:

- 1) пути разгона автомобиля на прямой передаче;
- 2) пути разгона автомобиля на передачах;
- 3) максимальной скорости автомобиля;
- 4) преодоления подъемов.

Оба автомобиля сначала были испытаны на бензине при стандартном оборудовании. Затем автомобиль ГАЗ-АА с газогенераторной установкой НАТИ-11 был испытан при работе двигателя на газе при степенях сжатия 4,22 и 6,4. Автомобиль ЗИС-5 испытывался с газогенераторной установкой НАТИ-10 при степенях сжатия двигателя 4,6—4,8 и 7,15—7,30. Главная передача на обоих автомобилях была стандартная, т. е. на автомобиле ГАЗ-АА — 6,6, а на автомобиле ЗИС-5 — 6,41.

Дорожным испытаниям предшествовали лабораторные испытания двигателя ГАЗ при работе его на бензине и на генераторном газе при различных степенях сжатия. Результаты этих испытаний даны на рис. 12.

Все испытания (за исключением преодоления подъемов) производились на 30—32 км шоссе Энтузиастов (Москва). Участок дороги, на котором велись испытания, имеет сравнительно горизонтальный профиль и хорошее асфальтовое покрытие. Преодоление подъемов на прямой передаче производилось на 14 км Подольского шоссе, имеющего также асфальтовое покрытие. Преодоление подъемов на низших передачах производилось в Москве на Таганской горе и в переулках Спасочингановском (10°), и Космодамиановском (10,5°).

Разгон и преодоление автомобилем подъемов регистрировались прибором *Original Bruhn*, который одновременно фиксирует путь, время и скорость движения автомобиля. Для исключения влияния неровностей дороги и ветра каждый эксперимент производился два раза, при заездах автомобиля в двух противоположных направлениях. Максимальные скорости определялись методом «километровки», т. е. определением времени прохождения автомобилем участка длиной в 1 км.

Давление в шинах во время испытаний поддерживалось у автомобиля ГАЗ-АА в передних — 2,5 ат., в задних — 3 ат., у автомобиля ЗИС-5 во всех шинах 4,5 ат. Все испытания велись при полезной нагрузке для автомобиля ГАЗ-АА — 1 200 кг и автомобиля ЗИС-5 — 2 500 кг. При испытании автомобиля на бензине применялся бензин второго сорта, с удельным весом 0,745. Топливом для газогенераторов служили дубовые чурки, влажностью 11%.

Для оценки динамических качеств автомобиля наиболее характерным и важным является скорость разгона на прямой передаче. Хорошая приемистость автомобиля на прямой передаче исключает необходимость частого перехода с прямой передачи на низшие передачи при подъемах и замедлениях движения.

На рис. 16 и 17 приведены кривые разгона автомобилей ГАЗ-АА и ЗИС-5 на прямой передаче на газе и на бензине. Из этих рисунков видно, что кривые пути разгона автомобилей при работе двигателя на газе как при стандартной, так и при повышенной степени сжатия лежат ниже, чем при работе на бензине, т. е. для достижения газогенераторным автомобилем заданной скорости требуется значительно больший путь разгона, чем для бензинового автомобиля. Необходимо отметить, что максимальная скорость автомобилей на прямой передаче, до которой производился разгон, лимитировалась не тяговыми качествами автомобиля, а отсутствием достаточной длины горизонтального участка дороги для дальнейшего разгона. Приемистость этих автомобилей видна также из табл. 4, 5, 6 и 7.

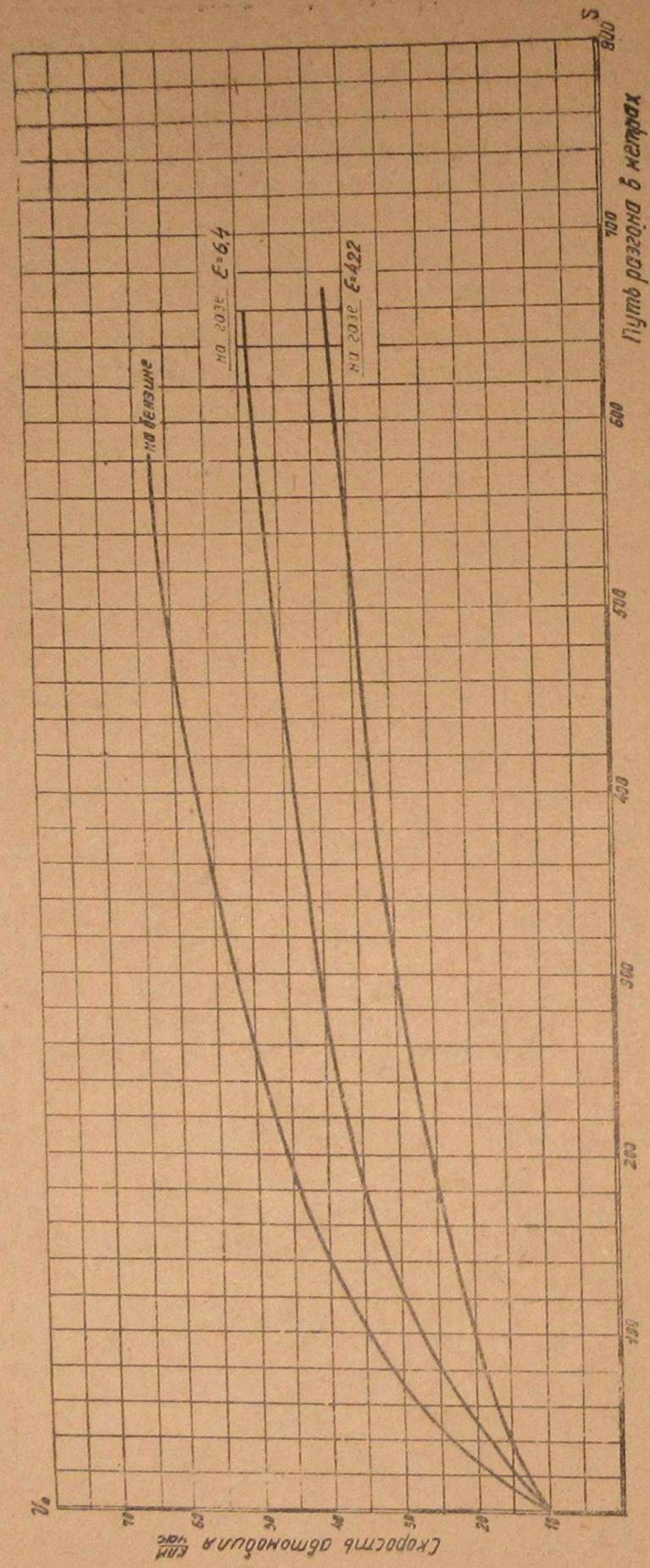


Рис. 16. Путь разгона автомобиля ГАЗ-АА на прямой передаче на бензине и на газе с газогенератором НАТИ-11.

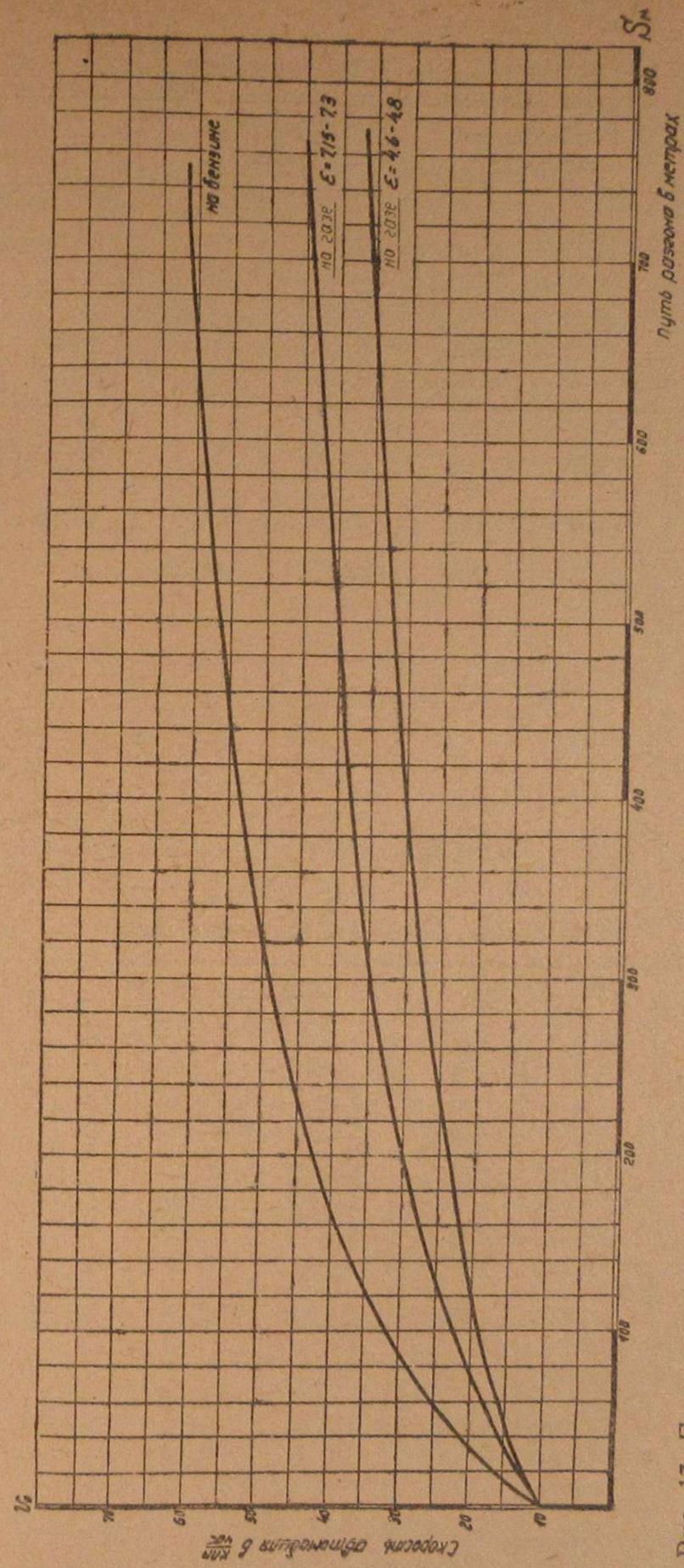


Рис. 17. Путь разгона автомобиля ЗИС-5 на прямой передаче на бензине и на газе с газогенератором НАТИ-10.

Таблица 4

## Автомобиль ГАЗ-АА (прямая передача)

Путь разгона (в метрах)	На бензине $E = 4,22$		На газе $E = 4,22$		На газе $E = 6,4$	
	достигнутая скорость в км/час	в процентах к скорости на бензине	достигнутая скорость в км/час	в процентах к скорости на бензине	достигнутая скорость в км/час	в процентах к скорости на бензине
200	45,5	100	25,5	56,1	36,0	79,1
400	57,0	100	32,5	57,0	43,25	75,9
600	62,5	100	36,25	58,4	47,7	76,4

Таблица 5

## Автомобиль ЗИС-5 (прямая передача)

Путь разгона (в метрах)	На бензине $E = 4,6 - 4,8$		На газе $E = 4,6 - 4,8$		На газе $E = 7,15 - 7,3$	
	достигнутая скорость в км/час	в процентах к скорости на бензине	достигнутая скорость в км/час	в процентах к скорости на бензине	достигнутая скорость в км/час	в процентах к скорости на бензине
200	42,75	100	23,50	65,0	30,25	70,8
400	53,25	100	30,00	56,3	38,00	71,4
600	59,00	100	34,25	58,0	42,00	71,2

## Автомобиль ГАЗ-АА (прямая передача)

Интервал скоростей (в км/час)	На бензине $E = 4,22$		На газе $E = 4,22$		На газе $E = 6,4$	
	необходимый путь разгона в метрах	в процентах к пути, прой- денному на бензине	необходимый путь разгона в метрах	в процентах к пути, прой- денному на бензине	необходимый путь разгона в метрах	в процентах к пути, прой- денному на бензине
10—20	28	100	100	358	52	186
20—30	46	100	209	455	76	165
30—40	68	100	*	—	160	235

Таблица 7

## Автомобиль ЗИС-5 (прямая передача)

Интервал скоростей (в км/час)	На бензине $E = 4,6 - 4,8$		На газе $E = 4,6 - 4,8$		На газе $E = 7,15 - 7,3$	
	необходимый путь разгона в метрах	в процентах к пути, прой- денному на бензине	необходимый путь разгона в метрах	в процентах к пути, прой- денному на бензине	необходимый путь разгона в метрах	в процентах к пути, прой- денному на бензине
10—20	35	100	125	357	77	220
20—30	54	100	120	505	273	224
30—40	81	100	*	—	293	364

\* Путь разгона до скорости 40 км/час не приведен, так как для достижения этой скорости при разгоне не хватало горизонтального участка пути.

На рис. 18 и 19 даны пути разгона автомобилей ГАЗ-АА и ЗИС-5 на передачах на бензине и на газе. Увеличение степени сжатия двигателя улучшает динамические качества газогенераторных автомобилей. Однако, и в этом случае, они все же хуже, чем у бензиновых автомобилей.

На рис. 20 даны кривые ускорений автомобилей ГАЗ-АА и ЗИС-5 на бензине и на газе при движении на прямой передаче по дороге с коэффициентом сопротивления качению  $f = 0,02$ . Из приведенного рисунка видно, что оба газогенераторных автомобиля при стандартной степени сжатия двигателя обладают примерно в 3 раза меньшим ускорением, чем бензиновые автомобили, а при повышенной степени сжатия — меньшим в 2 раза. Максимальные значения ускорений автомобилей на прямой передаче на бензине и на газе даны в табл. 8.

Таблица 8

Марка автомобиля	Топливо и степень сжатия	Макс. значение ускорения автомобиля (в м/сек. <sup>2</sup> )
ГАЗ-АА	1) На бензине $E = 4,22$ . . . . .	0,44
	2) На газе $E = 4,22$ . . . . .	0,13
ЗИС-5	3) На газе $E = 6,4$ . . . . .	0,27
	1) На бензине $E = 4,6-4,8$ . . . . .	0,38
	2) На газе $E = 4,6-4,8$ . . . . .	0,11
	3) На газе $E = 7,15-7,30$ . . . . .	0,17

Максимальные скорости автомобилей ГАЗ-АА и ЗИС-5 и соответствующие им числа оборотов двигателя даны в табл. 9. Если же максимальную скорость на газе выразить в процентах, от максимальной скорости на бензине, приняв последнюю за 100%, то получим для автомобиля ГАЗ-АА — 69,7% при  $E=4,22$  и 86,8% при  $E=6,4$ , а для автомобиля ЗИС-5 — 57,8% при  $E=4,6-4,8$  и 72,6% при  $E=7,15-7,3$ .

Таблица 9

Марка автомобиля	$V_a(max)$ км/час	$n$ об/мин.
<b>ГАЗ-АА</b>		
1) На бензине $E = 4,22$ . . . . .	64,5	2 815
2) На газе $E = 4,22$ . . . . .	44,9	1 962
3) На газе $E = 6,4$ . . . . .	56,0	2 450
<b>ЗИС-5</b>		
1) На бензине $E = 4,6-4,8$ . . . . .	66,1	2 520
2) На газе $E = 4,6-4,8$ . . . . .	38,3	1 459
3) На газе $E = 7,15-7,3$ . . . . .	48,0	1 828

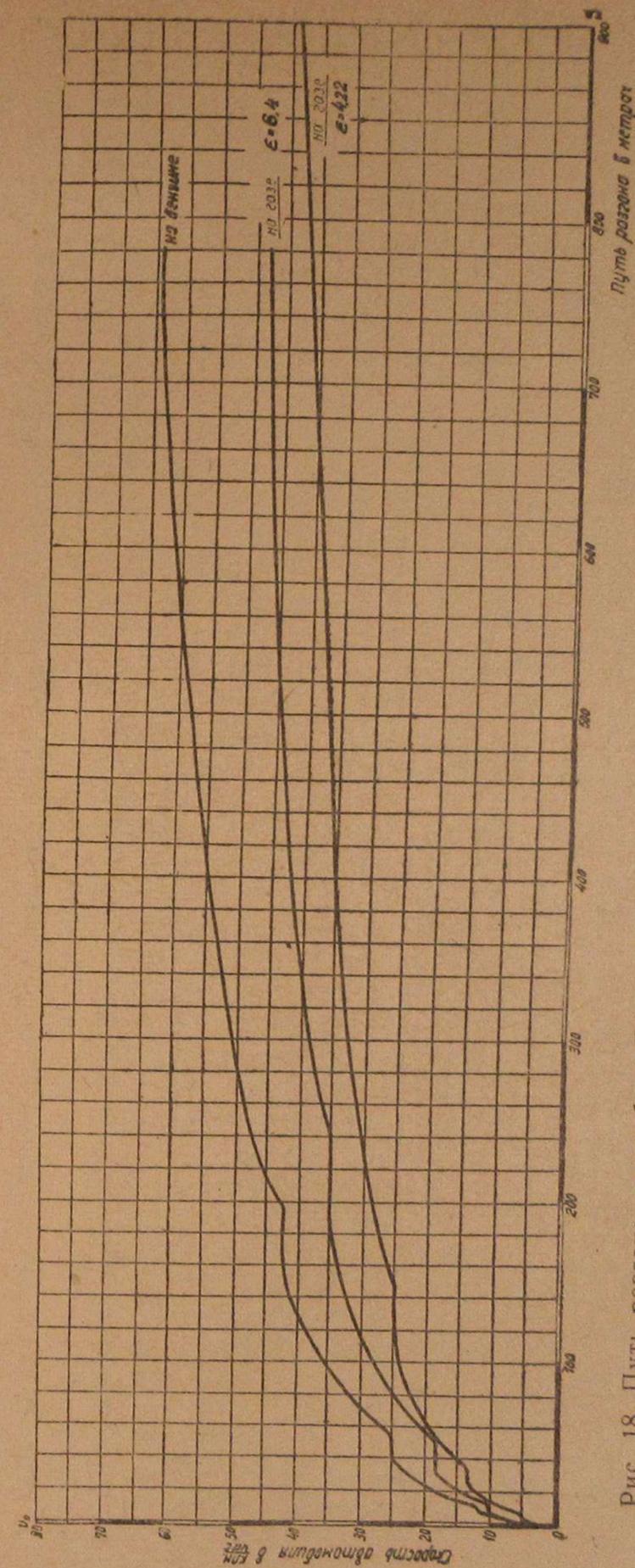


Рис. 18. Путь разгона автомобиля ГАЗ-АА на передачах на бензине и на газе с газогенератором НАТИ-11.

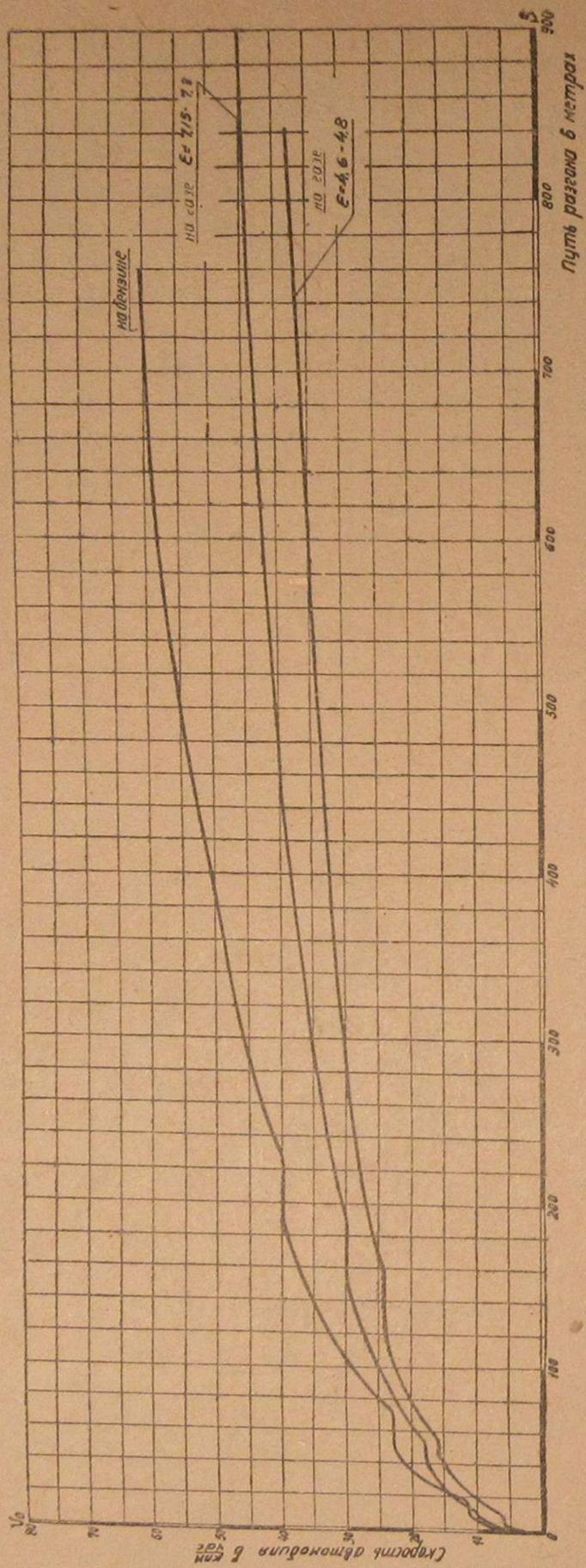


Рис. 19. Путь разгона автомобиля ЗИС-5 на передачах на бензине и на газе с газогенератором НАТИ-10.

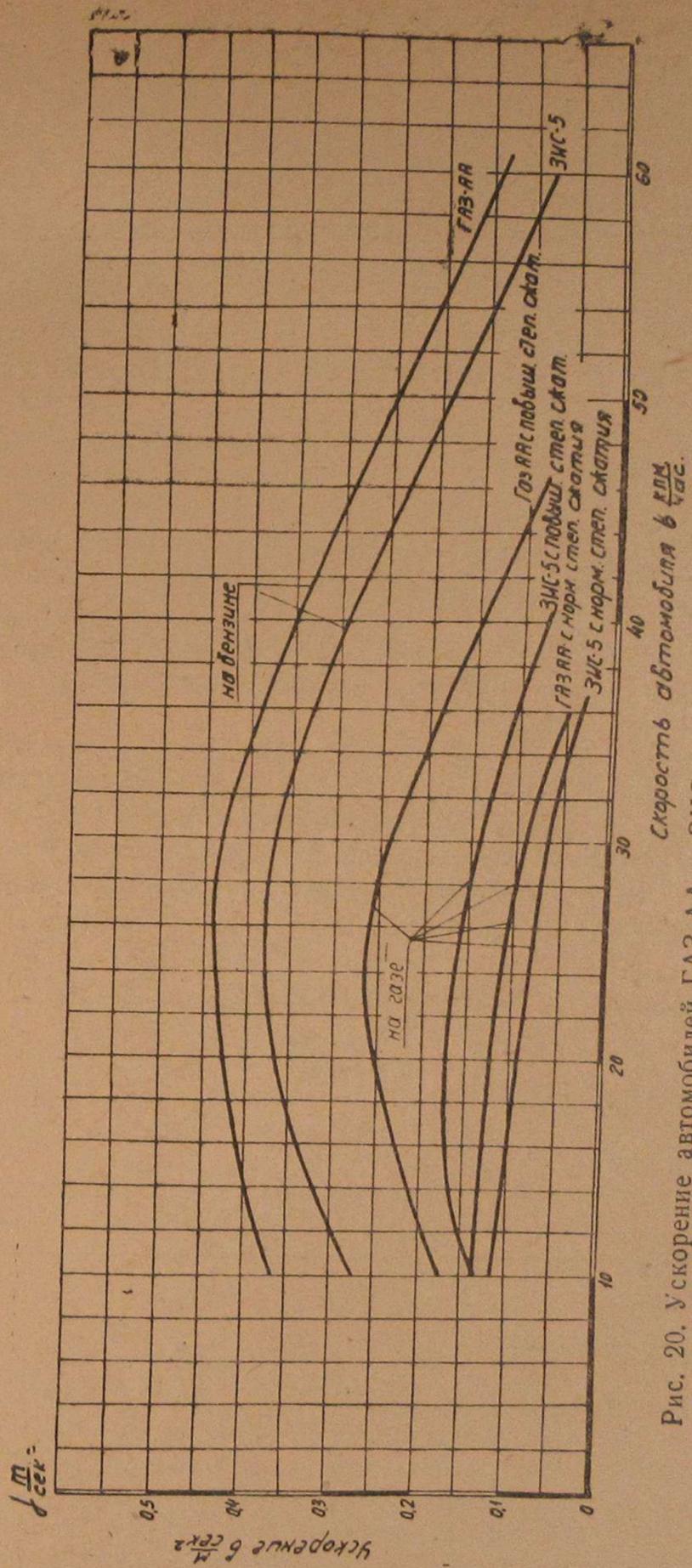


Рис. 20. Ускорение автомобилей ГАЗ-АА и ЗИС-5 на прямой передаче на бензине и на газе.

Приведем сравнительные данные о преодолении автомобилями подъемов при работе двигателя на бензине и на газе. Автомобиль ЗИС-5 на прямой передаче на бензине свободно преодолевал подъем, изменяющийся от 3,06 до 3,39% на протяжении 400 м. Имея начальную скорость перед подъемом 10 км/час, автомобиль в конце подъема достиг скорости 29 км/час. Автомобиль ГАЗ-АА на бензине, начав движение со скоростью 15 км/час, в конце подъема достиг скорости 32 км/час.

Испытания показали, что указанный подъем не является предельным для бензиновых автомобилей при движении на прямой передаче.

Совсем другой результат показали автомобили при работе на газе. Автомобиль ЗИС-5 на газе как с нормальной степенью сжатия, так и с повышенной, подходя к подъему с большими начальными скоростями, чем на бензине, тем не менее не смог преодолеть указанного подъема. Автомобиль ГАЗ-АА с нормальной степенью сжатия при начальной скорости движения 20 км/час подъема не преодолел. При повышенной же степени сжатия подъем был взят при начальной скорости движения 15 км/час.

В табл. 10 приведены данные о преодолении подъемов автомобилями ЗИС-5 и ГАЗ-АА на передачах. Из таблицы видна разница в динамических качествах автомобилей при работе на бензине и на газе. Указанные в таблице подъемы бензиновые автомобили берут свободно на второй передаче, а газогенераторные вынуждены преодолевать их на первой передаче.

Таблица 10

Марка автомобиля и степень сжатия двигателя	Подъем 10°, замеряемый участок 30 м		Подъем 10,5°, замеряемый участок 90 м	
	Передача	Скорость (в км/час)	Передача	Скорость (в км/час)
ГАЗ-АА на бензине $E = 4,2$ . . .	II	12,6	II	9,58
ГАЗ-АА на газе $E = 4,22$ . . . .	I	7,2	I	7,6
ГАЗ-АА на газе $E = 6,4$ . . . .	I	8,2	I	7,8
ЗИС-5 на бензине $E = 4,6$ . . . .	II	11,25	II	10,8
ЗИС-5 на газе $E = 4,6-4,8$ . . .	I	4,4	I	4,32
ЗИС-5 на газе $E = 7,15-7,3$ . .	I	6,75	I	7,2

В заключение следует отметить, что повышение степени сжатия газогенераторного двигателя по сравнению с бензиновым улучшает динамические качества газогенераторного автомобиля, однако, и при повышенной степени сжатия они все же хуже, чем у бензинового автомобиля. Поэтому, газогенераторный автомобиль, наряду с повышением степени сжатия двигателя, нуждается в ряде дополнительных конструктивных изменений как в двигателе, так и в шасси, направленных на улучшение его динамики.

### Изменения в системе распределения

При рассмотрении причин снижения мощности газогенераторного двигателя по сравнению с бензиновым указывалось, что одной из причин падения мощности двигателя при работе на газе является ухудшение наполнения цилиндров двигателя рабочей смесью. Улучшение наполнения газогенераторного двигателя наряду с хорошим охлаждением газа можно достигнуть применением верхнего распределения, а также изменением фаз распределения двигателя при переводе его с бензина на газ.

Работы в области распределения газогенераторного двигателя до настоящего времени все еще находятся в экспериментальной стадии, и двигатели газогенераторных автомобилей ГАЗ-42 и ЗИС-21, принятых к массовому выпуску, имеют распределение такое же, как и в бензиновых двигателях М-1 и ЗИС-5. Поэтому, значительный интерес представляют работы завода ЗИС и НАТИ, сделанные в этом направлении с двигателем ЗИС-5, переоборудованном для работы на генераторном газе.

На заводе ЗИС был спроектирован новый распределительный вал, отличающийся от стандартного тем, что имеет: 1) большее перекрытие фаз, 2) больший угол открытия клапанов и 3) большой подъем клапанов (см. табл. 11).

На рис. 21 даны внешние характеристики ЗИС-5 на генераторном газе при стандартном и модернизированном распределительном валиках. Внешние характеристики двигателя были сняты при двух головках: головка ЗИС со степенью сжатия — 7,0 и головка НАТИ со степенью сжатия — 6,7.

Из рисунка 21 видно, что, начиная с 900—1000 об/мин. и выше, мощность двигателя при модернизированном валике получается больше, чем при стандартном. По мере увеличения числа оборотов разница в мощностях возрастает и при  $n = 2400$  об/мин. при головке со степенью сжатия — 7 составляет 2,2 л. с., что дает увеличение мощности на 5%. При головке со степенью сжатия — 6,7 с модернизированным ва-



Проектные данные по распределительным валикам двигателя ЗИС

	Стандартный				Модернизированный					
	Зазор в мм	Фазы	Угол открыт	Максимальная высота подъема в мм	Перекрытие	Зазор в мм	Фазы	Угол открыт	Максимальная высота подъема в мм	Перекрытие
Впускной	0,25	1°37,5" п. в. м. т.	225°30"	9,04	0°,30"	0,25	21° д. в. м. т.	271°	10,13	44°
		47°7,5" п. н. м. т.					70° п. н. м. т.			
Выпускной	0,40	43°22,5" д. н. м. т.	225°30"	8,90	0°,30"	0,25	63° д. н. м. т.	271°	10,13	44°
		2°7,5" п. в. м. т.					23° п. в. м. т.			

ликом мощность двигателя также увеличивается, что целиком подтверждает опыт с головкой, имеющей степень сжатия — 7,0.

Следует отметить, что модернизированное распределение, как это видно из характера протекания кривых, имеет преимущество, главным образом, на высоких числах оборотов, на малых же и средних оборотах разница в мощностях получается незначительной и большого практического значения не имеет.

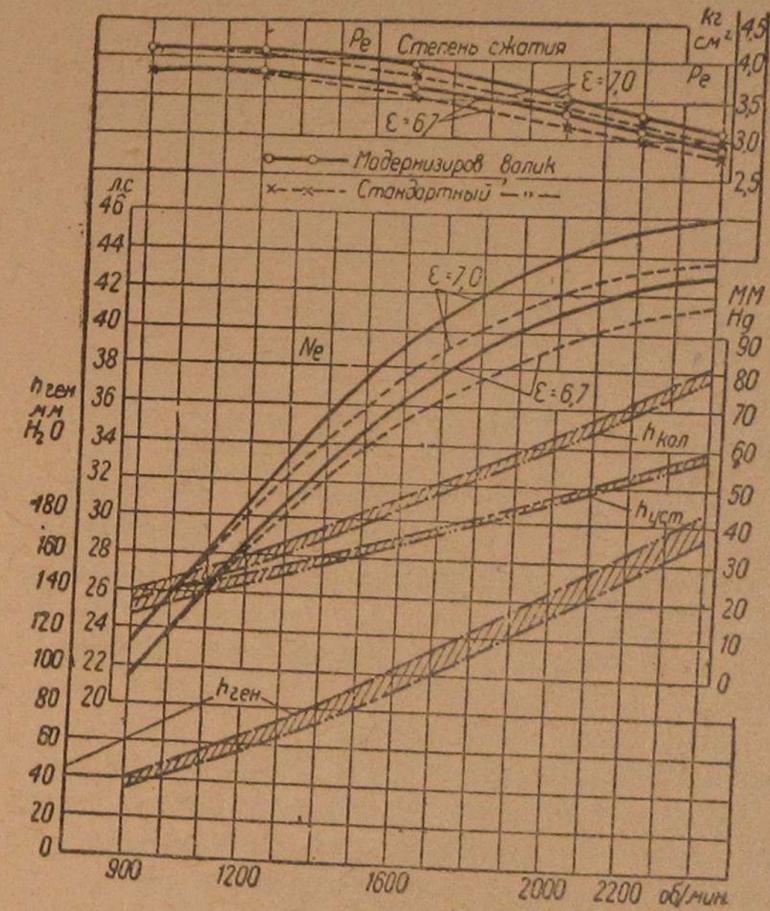


Рис. 21. Внешние характеристики двигателя ЗИС-5 на газе при стандартном и модернизированном распределительном валике.

НАТИ для двигателя ЗИС-5 спроектирована новая головка цилиндров с верхним всасывающим клапаном, расположенным непосредственно над поршнем. Выхлопной клапан имеет боковое расположение. Верхнее расположение всасывающего клапана позволило увеличить проходные сечения, уменьшить путь прохождения рабочей смеси и устранить подогрев смеси от выхлопного коллектора. Все это в значительной мере улучшило наполнение двигателя и увеличило его мощность.

На рис. 22 даны внешние характеристики двигателя ЗИС-5 на бензине при степени сжатия — 4,6, на газе с боковым расположением обоих клапанов и на газе с верхним всасывающим клапаном при степени сжатия — 7. Относительное расположение кривых мощностей позволяет сделать заключение, что снижение мощности газогенераторного двигателя с верхним всасывающим клапаном по сравнению с бензиновым двигателем происходит незначительно, что делает этот двигатель практически равноценным бензиновому.

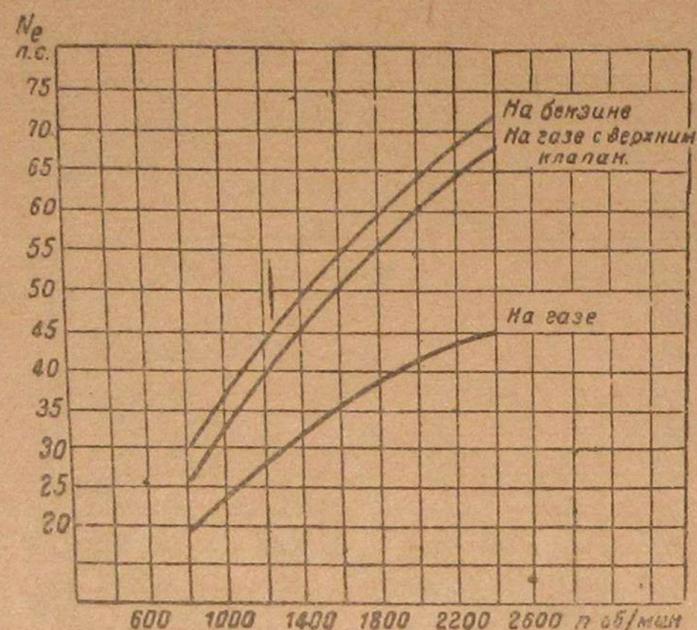


Рис. 22. Внешние характеристики двигателя ЗИС-5.

Для проверки работы двигателя ЗИС-5 с верхним расположением всасывающего клапана последний был смонтирован на шасси первого в СССР газогенераторного автобуса, созданного Научно-исследовательским институтом городского транспорта Моссовета (НИИГТ) на базе шасси ЗИС-8. Опыт эксплуатации этого автобуса показал хорошие результаты. Максимальная скорость автобуса при полной нагрузке на горизонтальном участке пути получилась равной 49,6 км/час, при передаточном числе главной передачи 7,66. Расход масла на 100 км пути составляет 1,5 л, а древесных чурок 110 кг.

#### Присадка к газу жидкого топлива

Одним из методов повышения мощности газогенераторного двигателя, а следовательно, и улучшения динамических качеств автомобиля является увеличение калорийности генераторного газа путем присадки к нему жидкого топлива.

Присадка жидкого топлива к генераторному газу может быть осуществлена двумя способами: во-первых, по экономайзерному принципу, т. е. с присадкой жидкого топлива только при полном открытии газовой дроссельной заслонки и, во-вторых, путем постоянной присадки жидкого топлива на всех режимах работы двигателя.

В эксплуатационных условиях автомобильный двигатель большую часть времени работает при неполном открытии дроссельной заслонки, т. е. с использованием только некоторой части от возможной мощности двигателя при открытой полностью дроссельной заслонке. Поэтому, присадку жидкого топлива по второму способу, т. е. на всех режимах работы двигателя, как приводящую к повышенному расходу жидкого топлива, следует признать нецелесообразной.

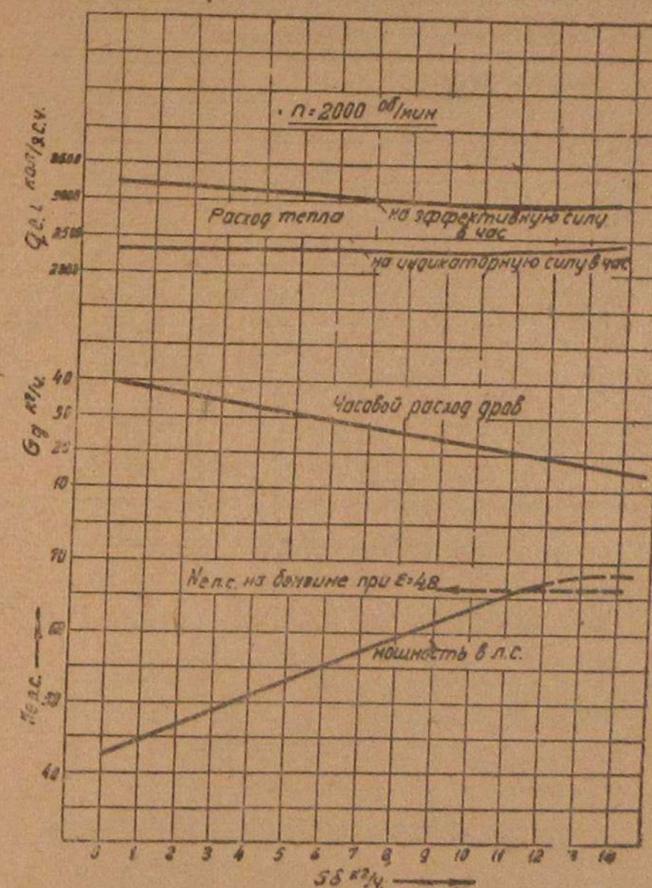


Рис. 23. Мощность двигателя ЗИС-5 на газе с присадкой бензина.

Обширные исследования по присадке к генераторному газу жидкого топлива были проведены НАТИ. Ниже приводится ряд экспериментальных данных, полученных этим институтом, дающих наглядное представление о том, в какой мере возможно увеличение мощности газогенераторного двигателя путем присадки к газу жидкого топлива.

На рис. 23 представлены результаты испытаний двигателя ЗИС-5, имеющего степень сжатия — 7,3, при работе на газе

с присадкой бензина. На этом рисунке дано изменение мощности двигателя в зависимости от количества присадки бензина, а также часовой расход дров и расход тепла на эффективную и индикаторную силу в час. Калорийность бензина была принята — 10 400 кал/кг, а дров — 3 500 кал/кг.

Из рис. 23 видно, что мощность двигателя ЗИС-5 при работе на газе составляет всего лишь 42,5 л. с. Присадка к газу бензина дает значительное повышение мощности двигателя и при присадке бензина в количестве 11 кг/час мощность двигателя достигает мощности бензинового двигателя при степени

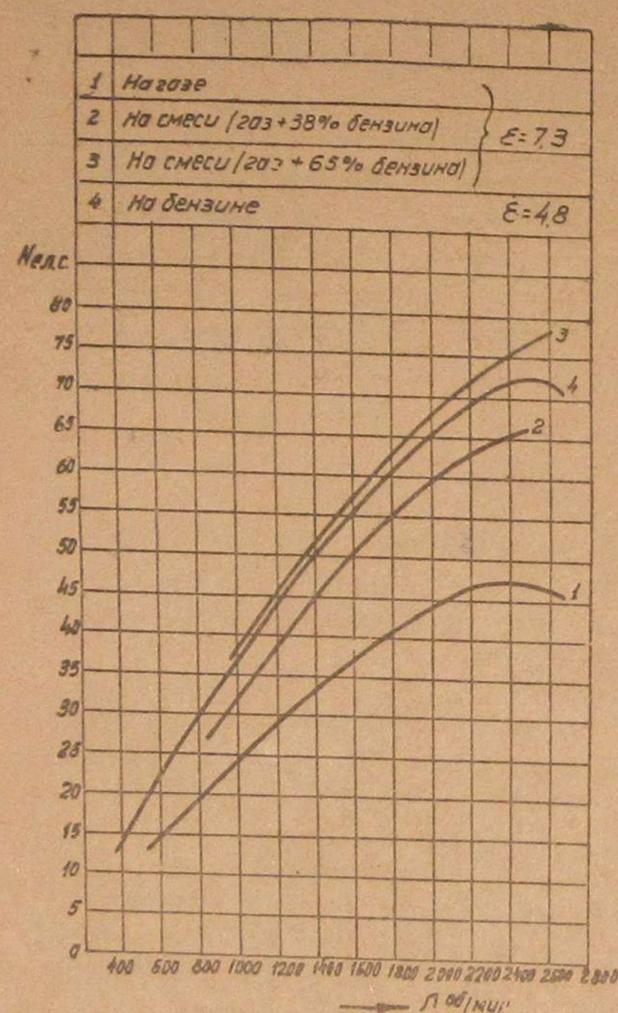


Рис. 24. Внешние характеристики двигателя ЗИС-5 на газе, на бензине и на газе с присадкой бензина.

сжатия — 4,8. Дальнейшее увеличение присадки бензина дает незначительное повышение мощности вследствие необходимости установления относительно позднего зажигания из-за возникновения детонации.

На рис. 24 даны внешние характеристики двигателя ЗИС-5 при работе на бензине, на одном газе и на газе с присадкой бензина.

Двигатель ЗИС-5 при степени сжатия—7,3 на генераторном газе развивает максимальную мощность 47 л. с. при 2 400 об/мин. Присадка бензина к газу в количестве 38% повышает мощность двигателя при степени сжатия 7,3 до 66 л. с. при тех же оборотах — 2 400 об/мин. При увеличении же присадки бензина до 65% мощность двигателя возрастает до 77,5 л. с., в то время, как на одном бензине при степени сжатия — 4,8 двигатель развивает 72,5 л. с.

На рис. 25 даны результаты испытаний двигателя ЗИС со степенью сжатия — 7,3 на газе в зависимости от количества присадки бензина, спирта ректификата и денатурата. По оси абсцисс отложены часовые расходы бензина и обоих сортов спирта, выраженные в килограммах бензина. Пересчет часовых

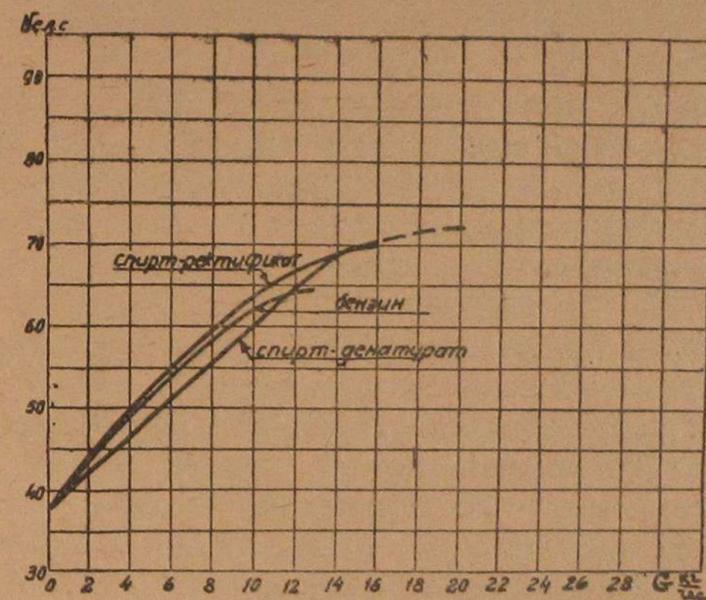


Рис. 25. Мощность двигателя ЗИС-5 на газе в зависимости от количества присадки различных видов жидкого топлива.

расходов производился по низшим теплотворным способностям для бензина — 10 400 кал/кг, для спирта ректификата — 6 300 кал/кг и для спирта денатурата — 6 200 кал/кг.

Все кривые на рис. 25 проведены из точки, лежащей на ординате, соответствующей мощности 38 л. с., развиваемой двигателем при работе на одном газе. В табл. 12 дано увеличение максимальной мощности двигателя в зависимости от присадки различных видов жидкого топлива. Мощность двигателя на газе — 38 л. с. принята за 100%.

Таблица 12

Присадка топлива	Максимальная мощность	В процентах к мощности на газе	Часовой расход жидкого топлива при макс. мощн. в условных ед. бензина (в кг/час)
Бензин . . . . .	64	168	13
Спирт-ректификат 95°, $\gamma = 0,81$ при 15°C . . . . .	70	184	15
Спирт-денатурат (рыночный) . . . . .	69	181	14,5

Примечание. При работе двигателя на бензине при стандартной степени сжатия расход бензина при максимальной мощности составляет 22 кг/час.

Таким образом, приведенные экспериментальные данные подтверждают, что путем повышения степени сжатия и присадки к газу жидкого топлива возможно достигнуть значительного повышения мощности двигателя, а следовательно, и улучшения динамических качеств газогенераторного автомобиля.

В табл. 13 и 14 приведены результаты дорожных испытаний пятитонного автомобиля ЯГ-4 с двигателем ЗИС-5, переоборудованным для работы на генераторном газе с присадкой жидкого топлива, имеющего степень сжатия — 7,3. Испытания были проведены без груза и с грузом 5 тонн на газе с присадкой бензина, керосина и только на газе. В табл. 14 даны также показатели, полученные при работе автомобиля на бензине при степени сжатия — 4,6.

Таблица 13  
Показатели испытаний автомобиля ЯГ-4 без нагрузки

Место испытания	Род топлива	$V_a$ ср. км/час	Расход жидкого топлива (в кг/100 км)
По городу	Дрова . . . . .	20,1	—
	Дрова + керосин . . . . .	20,2	3,3
	Дрова + бензин . . . . .	22,8	3,3
По шоссе	Дрова . . . . .	39,4	—
	Дрова + керосин . . . . .	42,0	2,34
	Дрова + бензин . . . . .	43,0	3,5

Таблица 14

Показатели испытаний автомобиля ЯГ-4 с нагрузкой 5 тонн

Место испытания	Род топлива	$V_a$ ср. км/час	Расход жидкого топлива кг/100 км	Расход дров кг/100 км
По городу	Дрова . . . . .	19,0	—	130
	Дрова + керосин . . . . .	20,7	1,8	110
	Дрова . . . . .	36,4	—	118
	Дрова + керосин . . . . .	39,2	2,46	90
По шоссе	Дрова + бензин . . . . .	43,0	10,0	80
	Бензин . . . . .	36,7	36,7	—

Средняя скорость автомобиля на газе с присадкой керосина получилась на 7,5% больше (39,2 км/час) чем на бензине, при затрате керосина 2,46 кг/100 км, т. е. 7% от расхода бензина нормальным бензиновым автомобилем. На газе с присадкой бензина 10 кг/100 км, т. е. 27% от расхода бензина бензиновым автомобилем при скорости 36,7 км/час получена средняя скорость 43 км/час, т. е. на 17% больше, чем на бензине.

Средние скорости автомобиля, приведенные в табл. 13 и 14, были получены на длине пути 50 км при условии не превышения максимальной скорости 50 км/час.

Испытания автомобиля с присадкой к газу бензина производились при стандартной регулировке карбюратора ГАЗ-Зенит, а с присадкой керосина с уменьшенным диффузором (13 мм) и соответственно изменными жиклерами. Работа двигателя на газе с присадкой жидкого топлива протекает вполне устойчиво.

На рис. 26 и 27 нанесены кривые пути разгона автомобиля ЯГ-4 с грузом и без груза. Относительное расположение кривых дает наглядное представление об улучшении тяговых качеств автомобиля с присадкой к газу жидкого топлива. Испытания показали, что при разгоне автомобиля с полной нагрузкой после прохождения участка длиной 500 м автомобиль развивает скорость:

на газе — 33,5 км/час;  
на газокеросине — 41,5 км/час;  
на газобензине — 47,0 км/час;  
на бензине ( $E=4,6$ ) — 48,5 км/час.

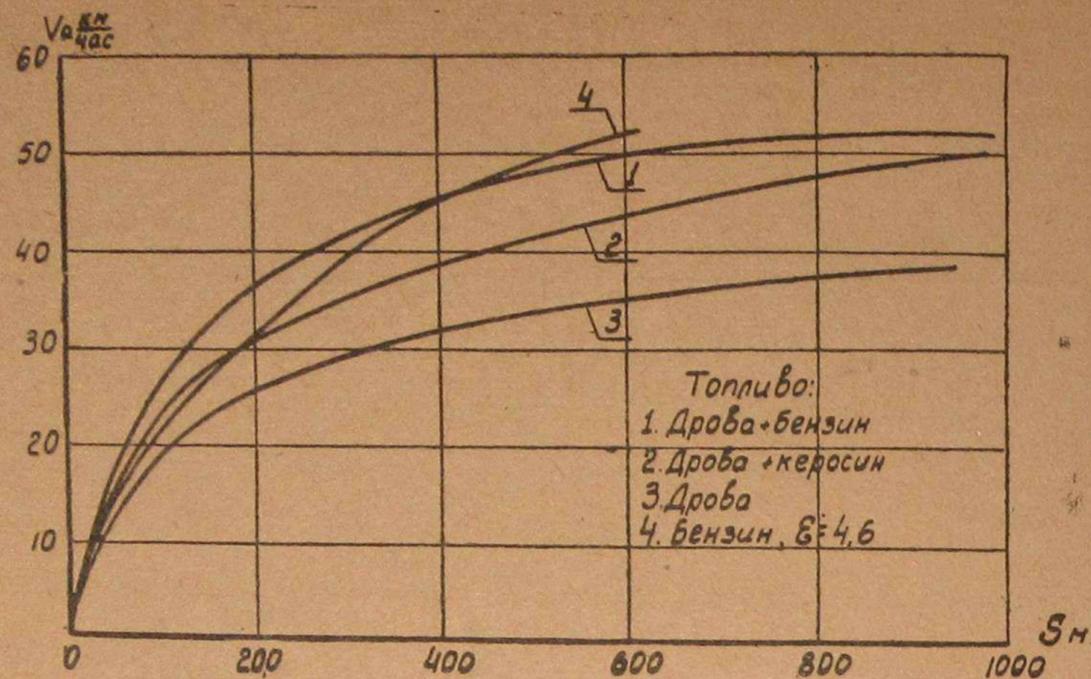


Рис. 26. Путь разгона автомобиля ЯГ-4 с нагрузкой 5 т.

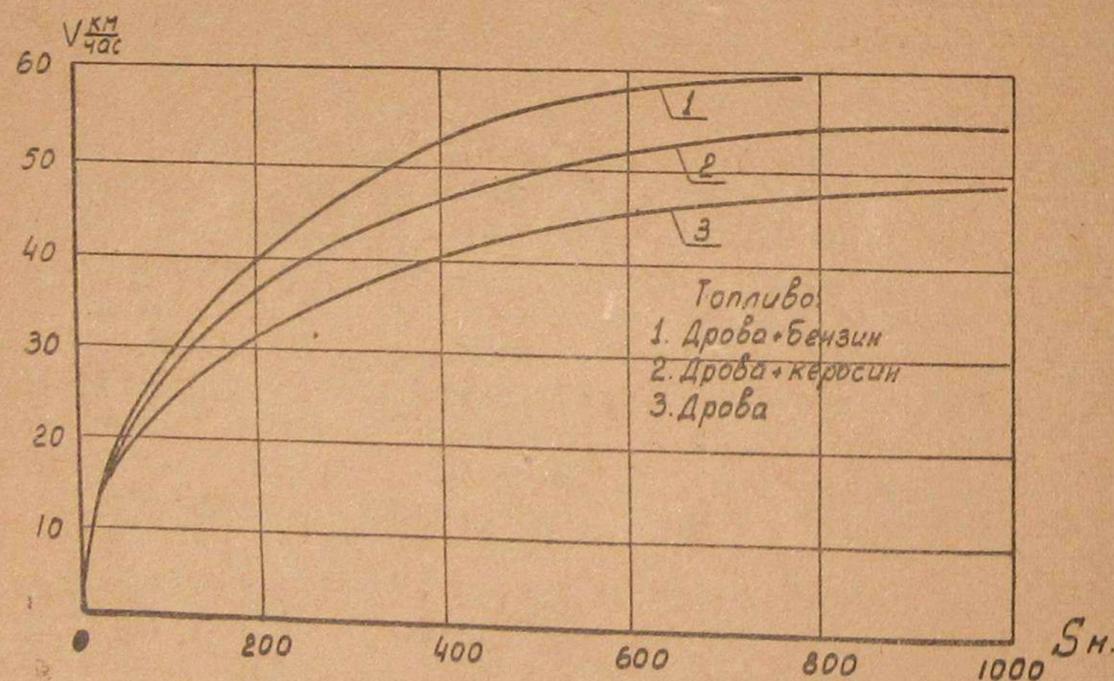


Рис. 27. Путь разгона автомобиля ЯГ-4 без нагрузки.

То же без груза:

- на газе — 42,5 км/час;
- на газокеросине — 49,0 км/час;
- на газобензине — 56,0 км/час;
- на бензине ( $E=4,6$ ) — 60,0 км/час,

В начале разгона приемистость автомобиля на газе с присадками жидкого топлива получается лучше, чем на бензине при нормальной степени сжатия — 4,6 (рис. 26).

Из заграничных работ по присадке к газу жидкого топлива сошлемся на результаты испытаний, проведенных в Дрезденской высшей технической школе. Испытания были проведены на двигателе «Даймлер-Бенц». Питание двигателя генераторным газом производилось от древесноугольного газогенератора «Импаньол» конструкции инженера Пинча. Газификация древесного угля производилась с присадкой паров воды. Состав генераторного газа и его низшая теплотворная способность приведены в табл. 14а.

Таблица 14а

Состав генераторного газа в процентах					Низшая теплотворная способность газа в кал/м <sup>3</sup> при 0° С и 1 ат.
СО	Н <sub>2</sub>	О <sub>2</sub>	СО <sub>2</sub>	Н <sub>2</sub>	
30,0	8,7—16,0	0,5—0,9	1,3—1,5	50—55	1075—1330

В целях компенсации потерь мощности при переводе двигателя с бензина на генераторный газ, посредством специальной форсунки, установленной за смесителем к газозоудной рабочей смеси, примешивалось определенное количество спирта. Присадка спирта к газу производилась при оборотах двигателя  $n=1000$  об/мин. Испытания были проведены при трех степенях сжатия: 4,02, 5,75 и 8,29. Результаты этих испытаний даны в табл. 14б.

Таблица 14б

Степень сжатия $E$	Уменьшение и увеличение мощности двигателя (в процентах) на одном газе и на газе с присадкой спирта по сравнению с мощностью на бензине, принятой за 100%		Расход генераторного газа и спирта при работе двигателя на газе с присадкой спирта		
	На газе	На газе с присадкой спирта	Генераторный газ (в кал./час.)	Спирт (в кал./час.)	Суммарный расход (в кал./час.)
4,02	-35,1	-12,8	41 000	37500	78500
5,75	-15,8	+13,8	49 000	37000	86000
8,29	-5,6	+22,0	51 000	37000	89000

Таким образом, как это видно из табл. 14б, опыты Дрезденской высшей технической школы как и опыты НАТИ, показывают, что путем обогащения газовой смеси присадкой к ней жидкого топлива, при одновременном повышении степени сжатия, можно полностью компенсировать потерю мощности двигателя при переводе его с жидкого топлива на генераторный газ.

Доведение мощности газогенераторного двигателя путем присадки жидкого топлива до мощности бензинового двигателя позволяет получить газогенераторный автомобиль с динамическими качествами, близкими к бензиновому автомобилю.

### Наддув газовой смеси в двигатель

Повышение мощности двигателя может быть достигнуто путем наддува. Наддув как средство форсировки двигателей внутреннего сгорания, сравнительно широко применяется в авиации и автостроении. Применение наддува во всех случаях преследует одну и ту же цель: увеличение литровой мощности двигателя.

Наддув в газогенераторных двигателях может быть осуществлен двумя способами. Первый способ заключается в том, что в цилиндры двигателя наддувается рабочая смесь, составленная из генераторного газа и воздуха. В этом случае компрессор устанавливается между двигателем и фильтром, служащим для окончательной очистки газа перед подачей его в двигатель. При таком размещении компрессора все агрегаты газогенераторной установки работают под разрежением, т. е. так же как и в обычной газогенераторной установке, питающей двигатель газом без применения наддува. Преимущества такого способа наддува заключаются в том, что в этом случае не требуется внесения каких-либо конструктивных изменений как в газогенераторе, так и в системе охлаждения и очистки газа.

Повышенное разрежение в газогенераторной установке, создающееся благодаря применению наддува рабочей смеси, может повлечь за собой несколько больший подсос воздуха через возможные неплотности сварочных швов, крышек люков и шланговых соединений. Однако серьезным минусом это служить не может по той причине, что окончательная дозировка воздуха, примешиваемого к газу, происходит в смесителе, и поэтому имеется полная возможность путем соответствующего открытия воздушной заслонки смесителя получать рабочую смесь нужного качества.

В газогенераторных двигателях, работающих с наддувом рабочей смеси, смеситель газа с воздухом монтируется не к вса-

сывающему коллектору, как это обычно делается в двигателях, работающих без наддува, а между компрессором и фильтром для окончательной очистки газа.

Одним из серьезных препятствий, затрудняющим применение наддува рабочей смеси, является то, что компрессорная установка сравнительно быстро загрязняется механическими примесями (сажа, зола, пыль), содержащимися в газе. Объясняется это тем, что, несмотря на ряд мер, принимаемых для очистки газа от посторонних примесей перед подачей его в двигатель, они все же в определенном количестве сохраняются и поступают вместе с газом в компрессорную установку и затем в цилиндры двигателя.

Второй способ наддува заключается в том, что производится наддув не рабочей смеси в двигатель, а воздуха в газогенератор. В этом случае компрессорная установка монтируется перед газогенератором, в который и производится подача воздуха под давлением. При таком способе наддува газогенераторная установка будет работать под некоторым избыточным давлением. Вследствие этого ко всем агрегатам и деталям газогенераторной установки предъявляются повышенные требования с точки зрения их прочности и герметичности. Помимо этого возникает ряд дополнительных затруднений, связанных с очисткой и охлаждением газа. Поэтому второй способ наддува по сравнению с первым является менее рациональным.

Отечественные данные по наддуву в газогенераторных двигателях в настоящее время отсутствуют, поэтому в целях иллюстрации того, в какой мере возможно увеличение мощности газогенераторного двигателя путем применения наддува, приведем результаты испытаний, проведенных в Высшей технической школе в Мюнхене. Испытания велись на двигателе Кемпер со степенью сжатия  $E=6,89$  при числе оборотов  $n=1100$  об/мин.

Компрессор был установлен между двигателем и фильтром, служащим для тонкой очистки газа.

Из рис. 28 видно, что мощность двигателя на генераторном газе без учета потерь на работу компрессора, возрастает в зависимости от увеличения давления наддува по закону прямой линии. При давлении наддува 260 мм рт. ст. мощность на газе при степени сжатия  $E=6,89$  достигает мощности, развиваемой двигателем на бензоле при нормальной степени сжатия  $E=5,17$ . Однако, полезная мощность двигателя повышается медленнее, вследствие возрастания расхода мощности на компрессор. В табл. 15 дано увеличение полезной мощности в процентах в зависимости от давления наддува.

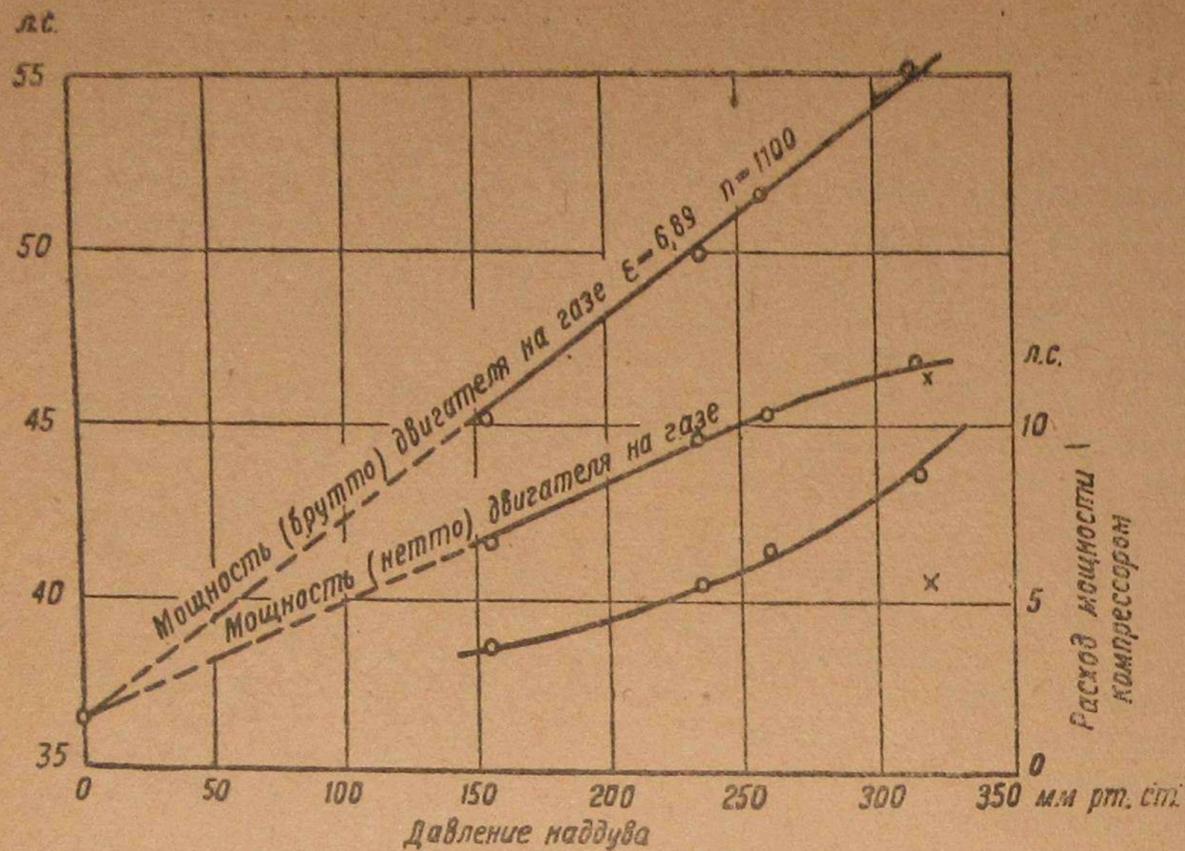


Рис. 28. Мощность двигателя Кемпер на газе при различных давлениях наддува при оборотах  $n = 1100$  об/мин.

Таблица 15

Давление наддува (в мм рт. ст.)	150	200	250	300
Увеличение мощности (в процентах) . . . . .	13,0	18,5	23,0	26,0

Данные, приведенные в табл. 15, показывают, что мощность газогенераторного двигателя путем наддува может быть значительно повышена. Однако, усложнение конструкции и повышение стоимости автомобиля при установке на нем дополнительного оборудования (компрессорной установки) заставляют конструкторов отказываться от применения наддува как средства повышения мощности газогенераторного двигателя.

#### Влияние различных сортов топлива на мощность двигателя

Современное состояние газогенераторостроения в СССР позволяет сделать заключение, что из большого количества видов твердого топлива, возможных к использованию в газо-

генераторах автомобильного типа, наибольшее распространение в ближайшие годы должна получить древесина: дрова и древесный уголь. Поэтому ниже и приводятся данные, характеризующие только качества различных сортов древесного топлива, применяемого в газогенераторах автомобильного типа.

На состав генераторного газа оказывают влияние в основном следующие факторы: конструктивные особенности газогенератора, вид, сорт и влажность применяемого топлива. В табл. 16 даны результаты исследований, проведенных НАТИ и ВНИДИ, влияния различных пород древесины на состав генераторного газа.

Таблица 16

Порода	Влажность (в процентах)	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Данные
Береза . . . . .	15,3	16,80	20,70	3,50	12,80	0,40	45,80	НАТИ
Дуб . . . . .	15,5	14,55	11,85	6,55	13,24	0,73	53,08	НАТИ
Бук . . . . .	16,0	17,00	12,00	3,80	не определено			ВНИДИ

Опыты, проведенные Высшей технической школой в Мюнхене с газогенератором ГОДГ, работавшим на древесных чурках различных пород, но примерно одинакового размера, дали следующие результаты: (табл. 17).

Таблица 17

Порода древесины	Состав газа (в процентах)						Низшая теплотворная способность газа (в кал/м <sup>3</sup> )	Коэффициент избытка воздуха	Низшая теплотворная способность рабочей смеси (в кал/м <sup>3</sup> )	Мощность двигателя (в л. с.)
	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>2n</sub>	CO	N <sub>2</sub>				
Бук . . . . .	16,5	12,0	5,7	0,1	13,0	52,7	1 315	1,05	578	18,5
Пихта . . . . .	15,4	10,5	5,4	—	11,1	57,6	1 200	1,08	540	17,8
Сосна . . . . .	14,8	10,4	7,2	—	12,0	55,6	1 334	1,09	555	17,2

В табл. 18 приведены теплотворные способности основных торючих компонентов генераторного газа, а также теплотворная способность рабочей смеси при коэффициенте избытка воздуха, равном единице.

Таблица 18

	Теплотворная способность 1 м <sup>3</sup> газа при 15° и 1 ат.	Необходимое количество воздуха (в м <sup>3</sup> для сгорания 1 м <sup>3</sup> газа)	Низшая теплотворная способность рабочей смеси (в кал./м <sup>3</sup> )
Окись углерода CO . . . . .	2 800	2,38	828
Водород Н <sub>2</sub> . . . . .	2 360	2,38	698
Метан СН <sub>4</sub> . . . . .	7 820	9,52	743

Из табл. 16 и 17 видно, что состав генераторного газа, получаемого из различных пород древесины, практически получается одинаковый. При условии же равенства коэффициента избытка воздуха и калорийность рабочей смеси также будет примерно равной.

Однако практика эксплуатации газогенераторных автомобилей и тракторов показывает, что не все породы древесного топлива с одинаковым эффектом могут быть использованы в газогенераторах. Работа газогенератора в значительной мере зависит от объемного веса древесины, т. е. от веса 1 м<sup>3</sup> древесины в ее естественном состоянии при 15% абсолютной влажности (табл. 19 и 20).

Таблица 19

## Объемный вес древесины разных пород

Породы	Вес 1 м <sup>3</sup> в воздушно-сухом состоянии (в кг)	Группа	Породы	Вес 1 м <sup>3</sup> в воздушно-сухом состоянии (в кг)	Группа
Дуб . . . . .	760	I	Ольха . . . . .	540	III
Бук . . . . .	710		Сосна . . . . .	520	
Береза . . . . .	650		Осина . . . . .	490	
Лиственница . . . . .	600	II	Пихта . . . . .	470	IV
			Ель . . . . .	450	
			Кедр . . . . .	440	

Таблица 20

## Теплотворная способность древесины разных пород

Порода	Теплотворная способность 1 кг (в кал.)	Объемный вес сухой древесины (в кг)	Объемная теплотворная способность 1 м <sup>3</sup> (в кал.)
Дуб . . . . .	4 857	760	3,69 10 <sup>6</sup>
Береза . . . . .	4 919	650	3,20 10 <sup>6</sup>
Ольха . . . . .	4 878	540	2,64 10 <sup>6</sup>
Сосна . . . . .	5 064	520	2,63 10 <sup>6</sup>
Осина . . . . .	4 779	490	2,34 10 <sup>6</sup>
Ель . . . . .	4 857	450	2,19 10 <sup>6</sup>

Инж. П. П. Москвин,<sup>1</sup> на основе опыта работы Монетной газогенераторной автобазы, приходит к выводу, что к числу пригодных пород следует отнести все породы древесины, находящиеся в группах I, II, III (табл. 19), и только IV группу не следует рекомендовать для использования ее в чистом виде.

Преимущества древесины с большим объемным весом заключаются в следующем:

1) чем больше объемный вес древесины, тем больше поместится ее в бункер газогенератора, и автомобиль будет обладать большим радиусом действия;

2) чем больше объемный вес древесины, тем выше ее объемная теплопроизводительность;

3) мощность двигателя при работе газогенератора на твердых породах получается немного выше, чем на мягких породах;

4) древесина с большим объемным весом обладает меньшим содержанием смол и золы.

Таблица 21

## Состав и теплотворная способность древесного угля из разных пород древесины

Порода и способ выжигания древесного угля	Содержание (в процентах)				Низшая теплотворная способность (в кал./кг)
	Углерода С	Водорода Н	Кислорода О	Золы А	
Березовый печной . . . . .	78,9	3,2	16,2	1,7	6 512
Березовый кучной . . . . .	88,3	2,0	7,9	1,8	7 320
Сосновый печной . . . . .	78,6	3,9	16,6	0,9	6 646
Сосновый кучной . . . . .	87,0	2,5	9,1	1,4	6 312
Еловый печной . . . . .	77,6	3,7	17,7	1,0	6 501

<sup>1</sup> См. „Автомобильный мотор“, сборник № 3 за 1939 г.

На качество генераторного газа, а следовательно, и на мощность двигателя большое влияние оказывает количество влаги, содержащейся в топливе. Поэтому древесное топливо, употребляемое в газогенераторах, должно обладать определенной степенью влажности, обеспечивающей нормальный процесс его газификации. Известно, что свежесрубленное дерево имеет влажность, достигающую до 60% от веса сырой древесины. В твердых породах влажность доходит до 45%, в мягких — до 50% и в хвойных — до 60%. Древесина с такой высокой влажностью в качестве топлива в газогенераторах применена быть не может, так как при большом влагосодержании теплотворная способность генераторного газа падает и, как следствие этого, мощность двигателя понижается. Поэтому свежесрубленная древесина для удаления из нее лишней влаги должна быть подвергнута естественной сушке на солнце или в сушильных печах.

Падение калорийности генераторного газа в зависимости от влажности березовых чурок приведено в табл. 22, составленной по данным НАТИ.

Таблица 22

Состав генераторного газа из березы различной влажности

Влажность (в процентах)	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Низшая теплотворная способность 1 кг (в кал.)
12,4	21,0	15,0	3,6	10,5	0,6	49,2	1 333
15,3	16,8	20,7	3,5	12,8	0,4	45,8	1 343
20,0	18,0	14,4	3,6	9,0	1,0	54,0	1 226
29,3	13,6	17,6	3,0	11,0	0,4	54,4	1 125
37,4	9,0	9,7	3,7	16,0	0,4	61,2	839

Зависимость мощности газогенераторного двигателя от влажности древесного топлива может быть иллюстрирована следующими экспериментальными данными, полученными при испытании двигателя в Лесотехнической академии (Ленинград).

Влажность древесины (в процентах)	Мощность двигателя (в л. с.)
15	28
20	26
24	20
30	16

Приведенные данные показывают, что с повышением влажности древесного топлива наблюдается значительное понижение мощности двигателя. Причем падение мощности с увеличением влажности происходит неравномерно, более резкое падение наблюдается при влажности свыше 20%. Поэтому признано, что наибольшая влажность древесного топлива не должна превышать 20% абсолютных.

Размер древесных чурок также оказывает влияние на процесс газообразования. Многочисленные опыты показали, что каждый газогенератор имеет свои оптимальные размеры кусков топлива (наибольший размер около 0,1 от диаметра бункера), и что отклонения от этих размеров в ту или другую сторону, не выходящие за известные пределы, мало влияют на работу газогенератора. Для нормальной работы газогенератора более важным считается это соблюдение однородности размеров чурок или щепы.

Конструктивные особенности газогенератора также оказывают влияние на качество газа, а следовательно, и на мощность двигателя.

В целях определения влияния различных сортов твердого топлива на мощность двигателя в НАТИ были проведены испытания двигателя ГАЗ с газогенераторной установкой французской фирмы «Брандт».

Перед испытаниями двигателя на газе с него была снята внешняя характеристика на эксплуатационном бензине второго сорта. Максимальная мощность двигателя на бензине получилась — 38,1 л. с. при оборотах 2 400 об/мин. и удельном расходе бензина — 325 г/э.л.с.ч. (рис. 29). Минимальный удельный расход бензина — 304 г/э.л.с.ч. на диапазоне оборотов двигателя — 1 600 — 2 000 об/мин.

При переоборудовании двигателя ГАЗ для работы на генераторном газе его головка была заменена головкой фирмы «Брандт» типа *BV-8* со степенью сжатия  $E=7,28$ . Всасывающий коллектор был заменен новым, уменьшающим подогрев рабочей смеси от выхлопного коллектора.

Внешние характеристики двигателя ГАЗ были сняты при работе газогенератора на следующих сортах твердого топлива.

- 1) прессованные чурки (отходы Шаболовской шпильной фабрики), состоящие из смеси: березы, ольхи, яблони, груши и липы, влажностью — 10,5% абс.;
- 2) березовые чурки влажностью — 11% абс.;
- 3) щепы разная, преимущественно березовая, влажностью — 11,3% абс.;
- 4) сосновые чурки влажностью — 20,1% абс.;
- 5) древесный уголь твердых пород дерева влажностью — 4,84% абс.;

6) смесь древесного и каменного угля (75% древесного угля и 25% каменного).

На рис. 29 даны внешние характеристики двигателя ГАЗ при работе на бензине и на различных сортах твердого топлива. Анализ кривых, нанесенных на этом рисунке, показывает, что разница в мощности двигателя в зависимости от сорта топлива составляет 8—10%, что, безусловно, не может

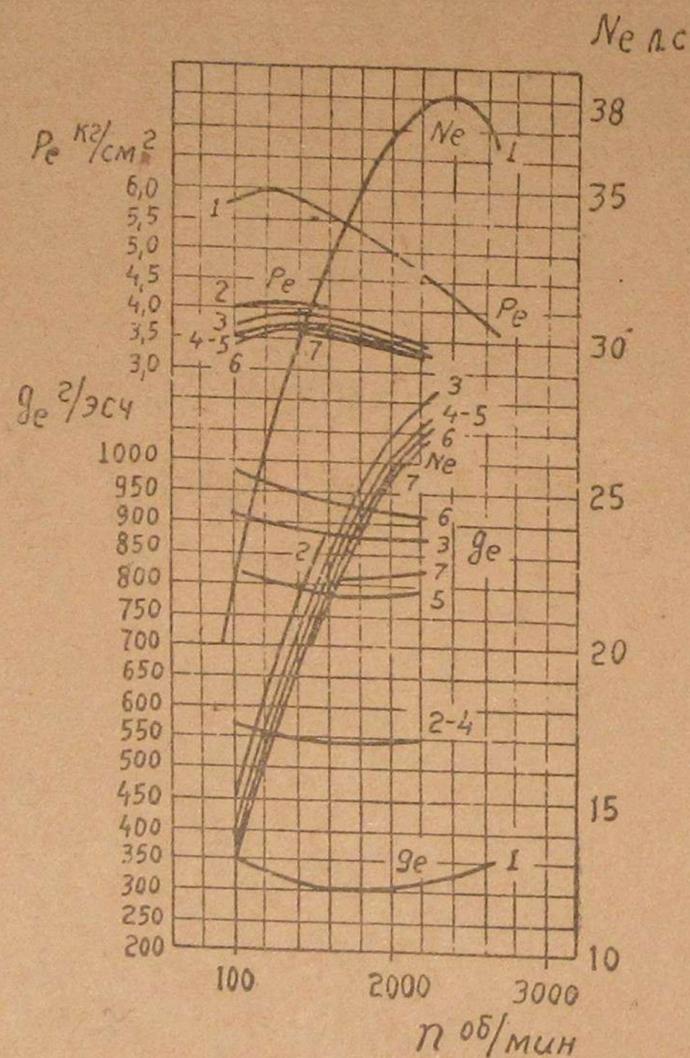


Рис. 29. Внешние характеристики двигателя ГАЗ на различных видах топлива: 1—бензин 2-го сорта; 2—древесный уголь; 3—прессованные чурки; 4—смесь каменного и древесного угля; 5—щепа разная; 6—сосновые чурки.

далось недостаточное поступление древесного угля из бункера в камеру горения.

Таблица 23

Топливо	$n$ об/мин.	$N_e$ л. с.	$g_e$ г/эсч.	$g_{e \min}$ при $n$ об/мин.	$P_{e \max}$ при $n$ об/мин.	Лигровая мощность
Прессованные чурки . . . . .	2 300	28,4	880	875/2 100	3,95/1 400	8,65
Березовые чурки . . . . .	2 300	27,2	912	912/2 300	3,68/1 450	8,29
Щепа разная . . . . .	2 300	27,6	800	790/1 800	8,62/1 500	8,41
Сосновые чурки . . . . .	2 300	26,9	830	815/1 800	—	8,20
Древесный уголь . . . . .	2 300	29,4	560	545/1 800	4,15/1 800	8,95
Смесь каменного и древесного угля . . . . .	2 300	27,6	560	545/1 800	3,77/1 500	8,41

На рис. 30 приведены результаты дорожных испытаний автомобиля ГАЗ-АА с газогенераторной установкой конструкции НАТИ при работе газогенератора на березовых чурках и на щепе. Преимущество автомобиля на березовых чурках, как

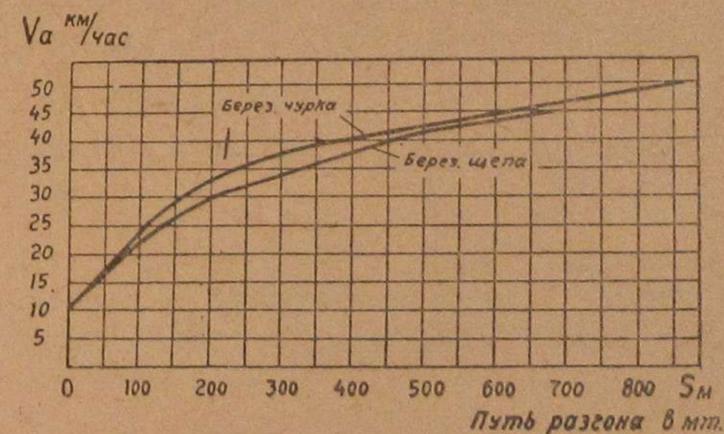


Рис. 30. Путь разгона автомобиля ГАЗ-АА при работе газогенератора на березовых чурках и березовой щепе.

не отразиться на динамических качествах автомобиля. Наибольшая мощность двигателя получается при работе газогенератора на древесном угле, а затем на прессованных чурках. Внешняя характеристика двигателя на древесном угле была снята только до оборотов двигателя — 1 550 об/мин., так как при дальнейшем увеличении числа оборотов двигателя наблю-

это показали и лабораторные испытания двигателя, получается несколько выше, чем при работе на щепе.

З а к л ю ч е н и е. Исследования, приведенные в ряде научно-исследовательских учреждений: ЦНИИМЭ, ВНИДИ, НАТИ, а также опыт работы газогенераторных автобаз, позволяют сде-

лать вывод, что древесное топливо, употребляемое в газогенераторах, должно удовлетворять следующим требованиям:

1. Влажность древесины должна быть не свыше 20% абсолютных.

2. В качестве топлива в газогенераторах можно применять дуб, бук, березу, ольху, сосну, осину и другие, менее распространенные породы, с объемным весом при 15% влажности выше 500 кг/м<sup>3</sup>.

3. Предпочтительнее работать на твердых породах. Во всех случаях, когда это возможно, необходимо избегать работы на чистой сосне, ели и осине, а смешивать их наполовину с более твердыми породами.

4. Древесина должна быть здоровой. Хвойные породы желательно окоривать. Вполне возможно применение в качестве топлива здорового сухостоя.

5. Древесина должна быть разделена на куски любой формы: кубики, чурки произвольной формы и на щепу. Предпочтительнее же древесину разделять на кубики и чурки.

6. Необходимо соблюдать однородность размеров чурок. Особенно это важно при работе на щепе. Наибольшая длина кубика, чурки должна быть в 8—10 раз меньше диаметра бункера газогенератора.

7. При работе газогенератора на древесном угле влажность последнего не должна превышать 12% абс. Что касается размеров кусков угля, то они определяются конструктивными особенностями газогенератора, и зависимость размеров кусков угля и размеров газогенератора пока еще недостаточно исследована.

### Изменение передаточных чисел трансмиссии

#### Главная передача

При движении автомобиля на прямой передаче от передаточного числа главной передачи зависят следующие тяговые качества:

- 1) максимальная скорость,
- 2) критическая скорость,
- 3) ускорение автомобиля,
- 4) максимальное преодоление сопротивления дороги,
- 5) время и путь разгона автомобиля.

Для того, чтобы установить, в какой мере передаточное число главной передачи влияет на динамические качества автомобиля, обратимся к рассмотрению рабочего баланса автомобиля, т. е. к распределению мощности двигателя по отдельным видам сопротивления движению автомобиля.

На рис. 31 в графической форме представлен рабочий баланс газогенераторного автомобиля ЗИС-21 для трех значений передаточного числа главной передачи —  $i_0$ : 6,41, 7,66 и 8,42 и рабочий баланс бензинового автомобиля ЗИС-5 при стандартном передаточном числе — 6,41. Для каждого передаточного числа  $i_0$  построена кривая суммарной мощности,

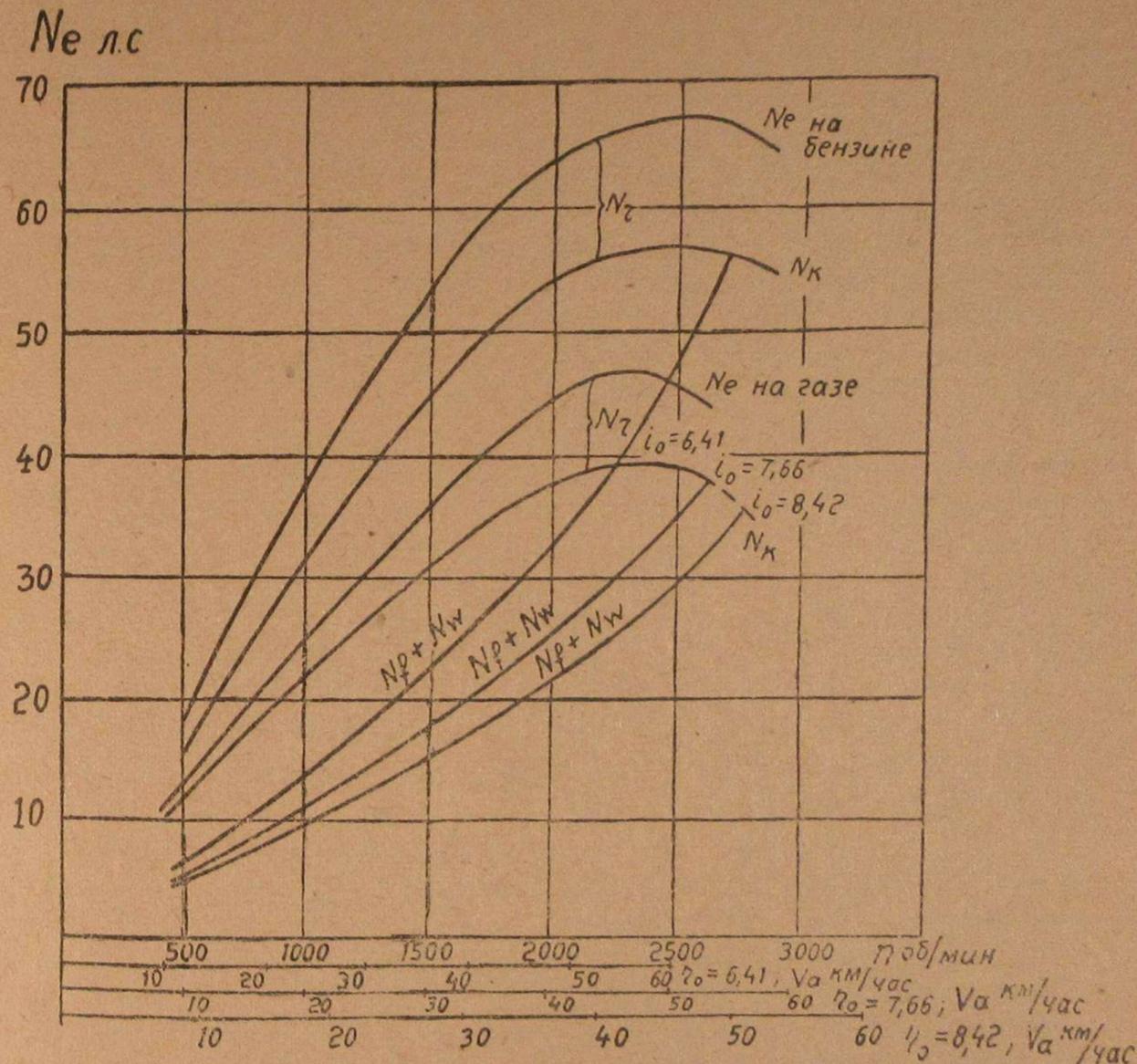


Рис. 31. Рабочий баланс газогенераторного автомобиля ЗИС-21 при различном значении передаточного числа главной передачи  $i_0$ .

затрачиваемой на преодоление сопротивления дороги и сопротивления воздуха.

При построении рабочего баланса вес автомобилей ЗИС-21 и ЗИС-5 был принят 6300 кг, коэффициент качения  $f = 0,02$  и фактор воздушного сопротивления  $K F = 0,32$ .

При построении рабочего баланса автомобилей ЗИС-21 и ЗИС-5 использованы внешние характеристики двигателя ЗИС-5

на газе и на бензине, нанесенные на рис. 2, т. е. те характеристики, по которым расчетным путем была определена динамика этих автомобилей (см. рис. 4, 6 и 8). Точка пересечения кривой суммарной мощности  $N_f + N_w$  с кривой мощности  $N_k$ , т. е. с мощностью двигателя за вычетом потерь на трение в механизмах трансмиссии, определяют ту максимальную скорость движения, которую автомобиль может иметь при заданном сопротивлении качению  $f$  и передаточном числе главной передачи  $i_0$ . Наибольшее значение максимальной скорости автомобиля получится при таком значении передаточного числа главной передачи, при котором кривая суммарной мощности сопротивления качению автомобиля и сопротивления воздуха  $N_f + N_w$  пересечется с кривой мощности  $N_k$  в точке, соответствующей ее максимальному значению. При больших и меньших значениях передаточного числа главной передачи максимальная скорость автомобиля падает, вследствие того, что кривая суммарной мощности  $N_f + N_w$  пересекается с кривой  $N_k$  при меньших ее значениях.

При проектировании автомобиля передаточное число главной передачи обычно выбирается несколько большим против того значения, при котором пересечение кривой суммарной мощности  $N_f + N_w$  с кривой  $N_k$  происходит при максимальном значении последней, что наглядно иллюстрируется рабочим балансом бензиновых автомобилей ЗИС-5 и ГАЗ-АА, нанесенных на рис. 31 и 34. Причины, заставляющие устанавливать главную передачу с передаточным числом большим, чем то, при котором возможно использование максимальной мощности двигателя, будут иллюстрированы ниже на примерах автомобилей ЗИС-21 и ГАЗ-42.

Из рис. 31 видно, что у газогенераторного автомобиля ЗИС-21 кривая суммарной мощности  $N_f + N_w$  при передаточном числе — 6,41 пересекается с кривой мощности, подведенной к ведущим колесам  $N_k$  до ее максимального значения. Следовательно, при указанном передаточном числе главной передачи не представляется возможным использовать максимальную мощность двигателя.

При повышении же передаточного числа главной передачи до 7,66 и 8,42 кривая суммарной мощности пересекается с мощностью, подведенной к ведущим колесам автомобиля за перегибом последней, т. е. при оборотах двигателя больших, чем обороты, соответствующие максимальному значению мощности. Значение максимальных скоростей автомобиля ЗИС-21 и соответствующие им числа оборотов двигателя при различных значениях передаточного числа главной передачи даны в табл. 24.

Таблица 24

$i_0$	$V_{amax}$ км/час	$n$ об/мин.
6,41	55	2 280
7,66	53	2 640
8,42	51	2 770

На рис. 31 ординаты, заключенные между кривой  $N_k$  и кривыми  $N_f + N_w$ , представляют собой избыточную мощность  $N_w$ , которая может быть израсходована на сообщение ускорения автомобилю или на преодоление подъема. С увеличением передаточного числа главной передачи возрастает запас мощности (рис. 32), обуславливающий более интенсивный разгон автомобиля и возможность преодоления большего подъема.

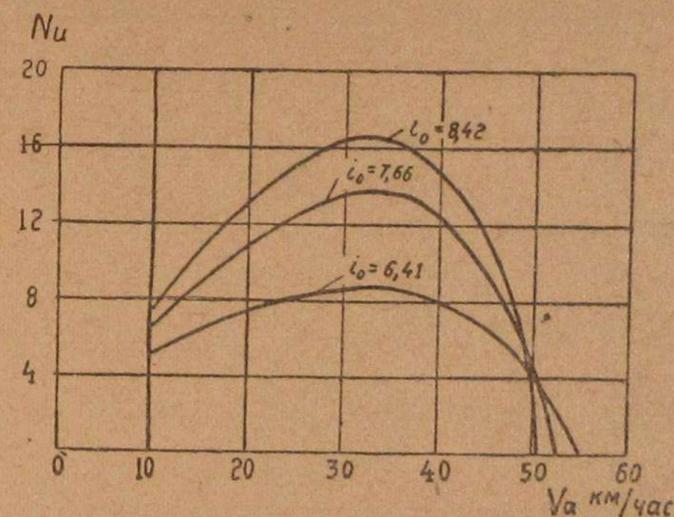


Рис. 32. Автомобиль ЗИС-21. Запас мощности в зависимости от скорости движения автомобиля при различных значениях передаточного числа главной передачи  $i_0$ .

Показателем приемистости автомобиля является величина возможного ускорения автомобиля при движении на прямой передаче. С увеличением ускорения улучшается приемистость автомобиля, сокращается время и путь, необходимые для разгона автомобиля. На рис. 33 даны ускорения автомобиля ЗИС-21 при различном значении передаточного числа главной передачи. Из приведенного рисунка видно, что ускорение автомобиля при передаточных числах — 7,66 и 8,42 получается значительно выше, чем при передаточном числе — 6,41.

Наглядное представление об увеличении ускорения автомобиля при повышении передаточного числа главной передачи дает табл. 25.

Таблица 25

Ускорение автомобиля ЗИС-21 при различном значении передаточного числа главной передачи. Ускорение при передаточном числе 6,41 принято за 100%.

$i_0$ \ $V_a$ км/час	10	20	30	40
6,41	100	100	100	100
7,66	143	147	155	158
8,42	170	178	187	190

Критическая скорость автомобиля, т. е. такая скорость, которая соответствует максимальному значению ускорения или подъема, с увеличением передаточного числа главной пере-

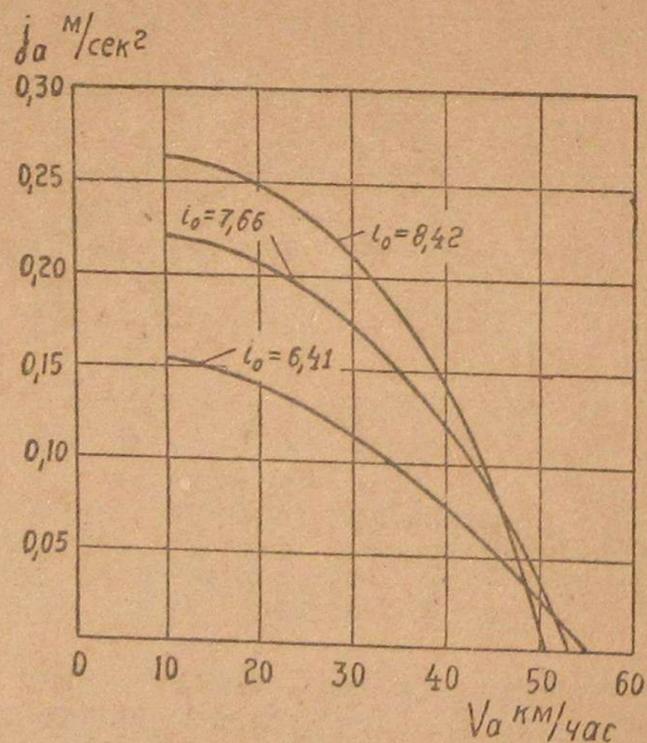


Рис. 33. Ускорение автомобиля ЗИС-21 при различном значении передаточного числа главной передачи  $i_0$ .

дачи уменьшается, но снижение скорости получается незначительным и позволяет считать ее примерно одинаковой.

В настоящее время автозавод им. Сталина выпускает газо-

генераторный автомобиль ЗИС-21 с передаточным числом главной передачи равным 7,66. С точки зрения улучшения динамики автомобиля ЗИС-21 рациональнее было бы ставить главную передачу, имеющую передаточное число — 8,42 (ставится на тягачах ЗИС). Ускорение автомобиля при передаточном числе 8,42 получается значительно выше, чем при 7,66. Максимальные скорости автомобиля при обеих главных передачах практически можно считать одинаковыми, а обороты двигателя, соответствующие максимальным скоростям автомобиля, как это видно из табл. 24, не превосходят максимальных оборотов бензинового двигателя.

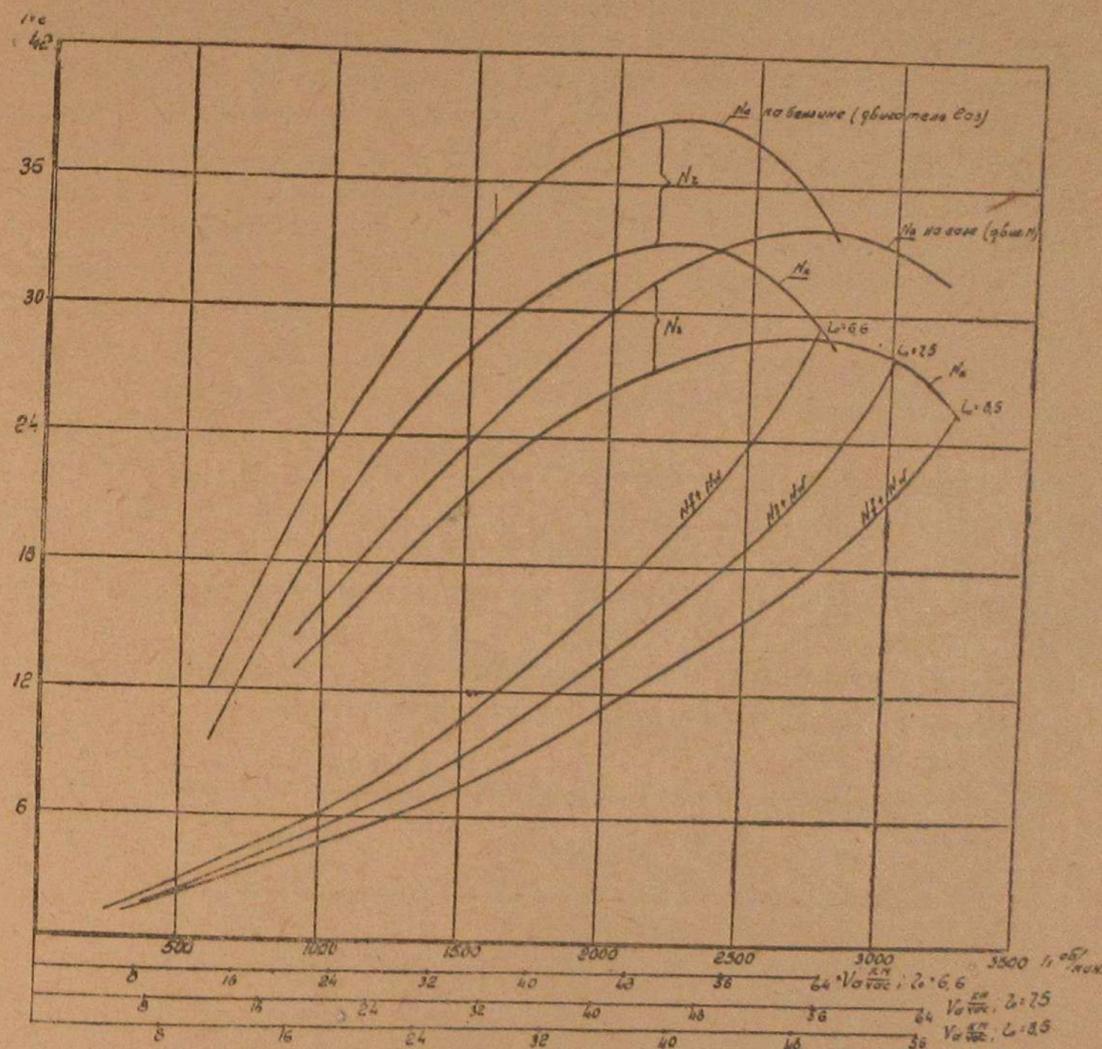


Рис. 34. Рабочий баланс газогенераторного автомобиля ГАЗ-42 при различном значении передаточного числа главной передачи  $i_0$ .

На рис. 34 представлен рабочий баланс газогенераторного автомобиля ГАЗ-42 и бензинового автомобиля ГАЗ-АА. Для построения рабочего баланса были взяты внешние характеристики двигателей М-1 и ГАЗ, нанесенные на рис. 1, т. е. те,

по которым были подсчитаны величины тягового усилия, динамического фактора и ускорения этих автомобилей (см. рис. 3, 5 и 7).

Для автомобиля ГАЗ-42 были приняты следующие значения передаточного числа главной передачи: 6,6; 7,5 и 8,5, а для автомобиля ГАЗ-АА — 6,6. Вес обоих автомобилей при подсчетах был принят — 3400 кг, коэффициент качения  $f = 0,02$ , фактор воздушного сопротивления  $KF = 0,19$ .

Из рис. 34 видно, что максимальная скорость автомобиля ГАЗ-42 получается при передаточном числе — 6,6, т. е. при главной передаче, устанавливаемой в бензиновом автомобиле ГАЗ-АА. Однако, максимальная скорость не может полностью характеризовать динамические качества автомобиля. Поэтому, практически выгодно, как мы уже указывали выше, передаточное число главной передачи несколько увеличить против того значения, при котором получается максимальная скорость автомобиля. Благодаря увеличению передаточного числа главной передачи, автомобиль будет обладать большим ускорением и в эксплуатационных условиях даст более высокую среднюю скорость движения. Поэтому передаточное число — 6,6, являющееся рациональным для бензинового автомобиля ГАЗ-АА, при котором пересечение кривой суммарной мощности  $N_f + N_w$  с кривой  $N_k$  происходит за перегибом последней и, вследствие чего, автомобиль ГАЗ-АА обладает достаточной высокой максимальной скоростью и сравнительно хорошим ускорением, для газогенераторного автомобиля ГАЗ-42 становится невыгодным. Вследствие изменения внешней характеристики двигателя при переводе его с бензина на газ необходимо также изменять передаточное число главной передачи автомобиля ГАЗ-42 в сторону его увеличения.

Таблица 26

$i_0$	$V_a \text{ max}$ км/час.	$n$ об/мин.
5,6	62,5	2750
7,5	60,0	3000
8,5	57,0	3230

Из рабочего баланса автомобиля ГАЗ-42, видно, что при увеличении передаточного числа главной передачи с 6,6 до 8,5 максимальная скорость автомобиля колеблется в пределах от 62,5 до 57 км/час, поэтому за счет увеличения передаточного числа против того значения, при котором возможно ис-

пользование максимальной мощности двигателя, можно получить автомобиль с меньшей максимальной скоростью, но с большим запасом избыточной мощности (рис. 35), следова-

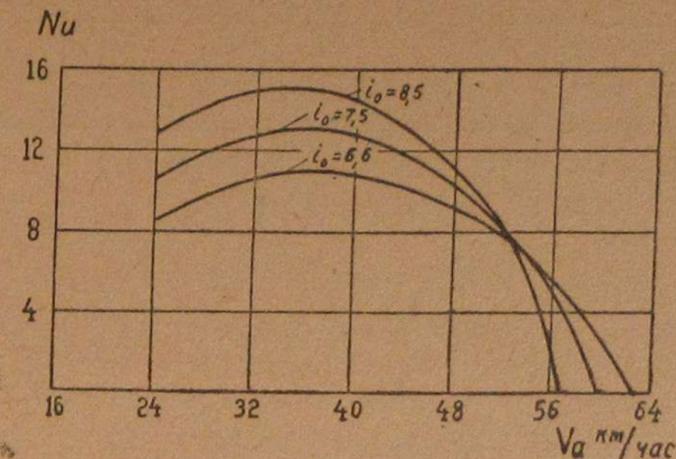


Рис. 35. Автомобиль ГАЗ-42. Запас мощности в зависимости от скорости движения при разных значениях передаточного числа главной передачи  $i_0$ .

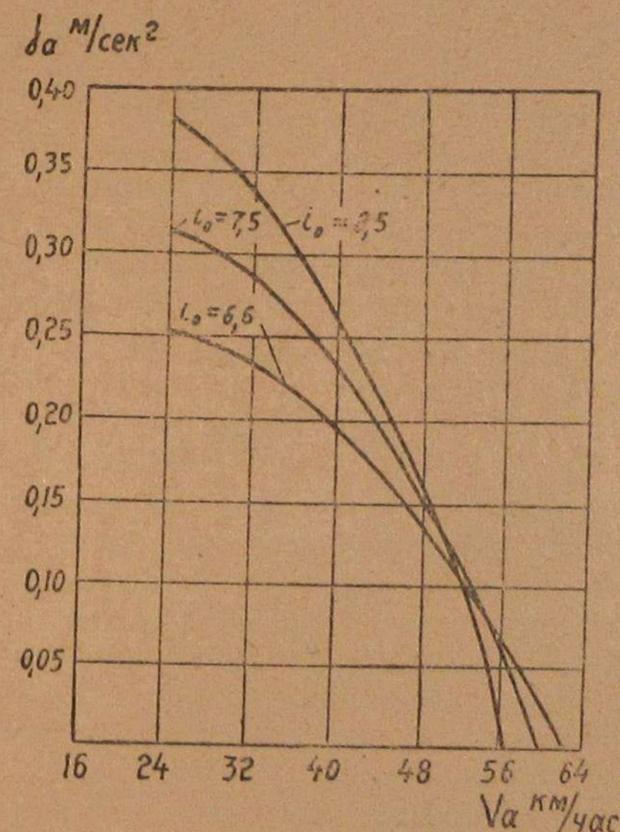


Рис. 36. Ускорение автомобиля ГАЗ-42 при различном значении передаточного числа главной передачи  $i_0$ .

тельно, обладающий большим ускорением (рис. 36) и способный преодолевать большие подъемы при движении на прямой передаче.

Таблица 27

Ускорение автомобиля ГАЗ-42 при различном значении передаточного числа главной передачи. Ускорение при передаточном числе  $i_0 = 6,6$  принято за 100%

$i_0 \backslash Va$ км/час.	24	30	35	40
6,6	100	100	100	100
7,5	124	123	123	119
8,5	151	145	143	134

Наивыгоднейшее передаточное число главной передачи для газогенераторного автомобиля ГАЗ-42, по нашему мнению, лежит в пределах от 7,5 до 8,0.

**З а к л ю ч е н и е.** Переоборудование бензинового двигателя для работы на генераторном газе приводит к определенному снижению его мощности, т. е. к изменению его внешней характеристики. При изменившейся внешней характеристике газогенераторного двигателя стандартное передаточное число главной передачи бензинового автомобиля становится нерациональным и не обеспечивающим газогенераторному автомобилю надлежащих тяговых качеств. Последнее вызывает необходимость постановки на газогенераторном автомобиле главной передачи с повышенным передаточным числом по сравнению с однотипным бензиновым автомобилем.

### Коробка передач

На динамические качества автомобиля оказывают влияние также передаточные числа в коробке передач. Число ступеней, а также числовое значение передаточных чисел коробки передач определяют следующие тяговые качества автомобиля:

- 1) преодоление максимального сопротивления дороги;
- 2) быстроту разгона автомобиля;
- 3) скорость движения автомобиля по тяжелым дорогам и на подъемах.

Не входя в подробное рассмотрение этого вопроса, поскольку он достаточно полно освещен в работах академика Е. А. Чудакова<sup>1</sup>, необходимо отметить одну особенность газогенераторного автомобиля, которая заключается в том, что

<sup>1</sup> См. „Динамическое и экономическое исследование автомобиля“, издание НТУ ВСНХ, 1928 г. и „Теория автомобиля“, ОНТИ, 1935 г.

последний, по причине меньшей мощности двигателя, для преодоления дорожного сопротивления, вынужден чаще, чем бензиновый автомобиль, переходить с прямой передачи на низшие передачи, поэтому для грузового газогенераторного автомобиля в большей мере, чем для бензинового автомобиля, желательна постановка пятиступенчатой коробки передач.

В эксплуатационных условиях автомобиль большую часть времени работает на последней (прямой) и предпоследней передачах. Поэтому правильный выбор передаточного числа предпоследней передачи оказывает большое влияние на возможность получения высокой средней скорости автомобиля. Исходя из этих соображений для газогенераторных автомобилей предпоследнюю передачу желательно несколько приближать к прямой передаче по примеру автомобилей, имеющих слабую динамику. Это позволит газогенераторному автомобилю иметь более высокую среднюю скорость движения, а также уменьшит износ трущихся деталей двигателя и улучшит его экономику.

### Уменьшение мертвого веса и полезной нагрузки автомобиля

Затрата мощности на преодоление сопротивления качению, на преодоление подъема и на ускорение автомобиля, как это видно из уравнений (4), (5) и (6), прямо пропорциональна весу автомобиля. Поэтому уменьшение мертвого веса и полезной нагрузки автомобиля может дать некоторое улучшение его тяговых качеств.

Уменьшение мертвого веса газогенераторного автомобиля может быть достигнуто, в первую очередь, благодаря уменьшению веса газогенераторной установки. Рассмотрим этот вопрос на примере автомобиля ЗИС-21. Вес газогенераторной установки ЗИС-21 составляет 500 кг (без топлива). Если даже удастся снизить вес установки на 30—40%, что является сравнительно трудным, то и в этом случае уменьшение полного веса (груженого) автомобиля составит всего лишь 2,5—3,5%, поэтому достигнуть заметного улучшения динамических качеств автомобиля, благодаря уменьшению веса газогенераторной установки, невозможно.

Одним из средств улучшения динамики автомобиля при переводе его с бензина на газ может служить уменьшение полезной нагрузки. Разберем этот вопрос также на примере автомобиля ЗИС-21.

На рис. 6 представлены динамические характеристики автомобилей ЗИС-21 и ЗИС-5. Обе характеристики соответствуют полному весу автомобиля — 6300 кг. В данном случае полезная нагрузка автомобиля ЗИС-21 по сравнению с автомобилем

ЗИС-5 снижена на 500 кг или 16,5%. Представляет интерес, в какой мере должна быть уменьшена полезная нагрузка автомобиля ЗИС-21, чтобы его динамические качества были такими, какими обладает бензиновый автомобиль ЗИС-5.

По динамическим характеристикам, нанесенным на рис. 6, нами сделан подсчет. Величины полного веса автомобиля ЗИС-21 и уменьшение полезной нагрузки в процентах, при условии, что последний будет обладать динамическими качествами, как и автомобиль ЗИС-5, даны в табл. 28.

Таблица 28

$V_a$	10	20	30	40	50
$G_a$ (кг) . . . . .	5 350	4 900	4 750	4 400	4 000
Уменьшение полезной нагрузки (в процентах)	48,5	63,3	68,3	80,0	93,3

Из табл. 28 видно, что если задасться целью получить газогенераторный автомобиль ЗИС-21, по динамическим качествам равноценный автомобилю ЗИС-5, потребовалось бы уменьшить полезную нагрузку автомобиля ЗИС-21 от 48,5 до 93,3% (в зависимости от скорости движения) по сравнению с нормальной нагрузкой автомобиля ЗИС-5. Улучшение динамики газогенераторного автомобиля за счет такого большого снижения полезной нагрузки, безусловно, не может считаться рациональным.

Мы не останавливаемся на рассмотрении возможности улучшить динамические качества автомобиля путем приближения значения фактора воздушного сопротивления  $K_F$  газогенераторного автомобиля к значению этой величины у бензинового автомобиля. Увеличение фактора воздушного сопротивления  $K_F$  газогенераторного автомобиля по сравнению с бензиновым может быть оценено примерно в 10—15%. За счет уменьшения величины  $K_F$  динамика автомобиля может быть улучшена в очень незначительной мере и то, главным образом, на больших скоростях. На малых же и средних скоростях величина воздушного сопротивления в сумме всех сопротивлений движению автомобиля занимает небольшое место и большого практического значения не имеет.

### Заключение

Из всех рассмотренных выше способов возможного улучшения динамики газогенераторного автомобиля решающими фак-

торами являются: мощность газогенераторного двигателя и правильный выбор передаточных чисел трансмиссии. Этим и объясняется то, что конструкторская мысль, в первую очередь, направлена на то, чтобы путем рационального выбора передаточных чисел трансмиссии, а также доведения мощности двигателя на газе до мощности, развиваемой им на бензине, получить газогенераторный автомобиль, обладающий динамическими качествами, не уступающими бензиновому автомобилю.

## Часть вторая

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ АВТОМОБИЛЯ ГАЗ-42 НА БЕНЗИНЕ И НА ГАЗЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ЧИСЛАХ ГЛАВНОЙ ПЕРЕДАЧИ (опыты автора)

#### ЗАДАЧИ И УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЯ

Динамика отечественных газогенераторных автомобилей является сравнительно мало исследованной, поэтому, чтобы иметь возможность судить о динамике газогенераторного автомобиля и делать сравнительную оценку его тяговых качеств с однотипным бензиновым автомобилем, автором были проведены дорожные испытания автомобиля ГАЗ-42 при работе двигателя на газе и на бензине.

В задачу испытаний входило:

- 1) исследование динамических качеств автомобиля ГАЗ-42 на генераторном газе со стандартным передаточным числом главной передачи 6,6 и с повышенным — 7,5;
- 2) исследование динамических качеств автомобиля ГАЗ-42 при работе на бензине (при передаточном числе главной передачи 6,6) с целью сравнительной оценки с динамикой автомобиля при работе на генераторном газе.

Все испытания велись на одном автомобиле и при одном и том же двигателе ГАЗ<sup>1</sup>. При работе на газе двигатель имел головку со степенью сжатия 6,5, а при работе на бензине со степенью сжатия — 4,2. Двигатель до испытаний прошел на автомобиле 3 тыс. км.

Задний мост с передаточным числом главной передачи 6,6 до испытаний прошел 16 500 км, а с передаточным числом 7,5 — 2 200 км.

Перед началом испытаний газогенераторная установка была подвергнута полной очистке, восстановительная зона газогене-

<sup>1</sup> По техническим условиям на автомобиле ГАЗ-42 должен ставиться двигатель М-1. Часть автомобилей ГАЗ-42 выпуска 1939 г. имеют двига-

ратора была заправлена свежим древесным углем. Топливом для газогенератора служила смесь березовых и буковых чурок размером  $40 \times 50 \times 60$  мм, влажностью 13% абс. При работе двигателя на бензине испытания проводились на бензине 2-го сорта, получаемого из заправочных колонок с удельным весом 0,755. Регулировка карбюратора — заводская. Опережение зажигания поддерживалось наивыгоднейшем — вручную.

Давление в шинах во время испытаний поддерживалось постоянным: в передних — 2,8 ат. и в задних — 3,0 ат. Перед испытаниями в картер двигателя, коробки передач и заднего моста было залито свежее масло.

Все испытания велись с нагрузкой при общем весе автомобиля — 3 400 кг.

Испытания проводились на одном и том же заранее выбранном относительно горизонтальном и прямолинейном участке гудронированного шоссе (г. Горький — 39-й километр Московского шоссе). Испытания велись при сухом состоянии дороги и температуре окружающего воздуха 25° С. Для исключения влияния скрытых неровностей пути и ветра на результаты испытаний заезды автомобиля производились в двух взаимно противоположных направлениях, и для обработки бралось среднее значение замеренных величин.

Коэффициент качения  $f$  при обработке опытных данных был принят равным — 0,02.

В отличие от бензинового автомобиля динамические качества газогенераторного автомобиля в значительной мере зависят от режима работы газогенератора перед разгоном автомобиля или перед началом преодоления подъема. Поэтому автомобиль при одинаковых дорожных условиях, одной и той же регулировке и при одинаковом качестве древесного топлива может показать различные динамические качества в зависимости от теплового состояния газогенератора.

Для того, чтобы исключить или, по крайней мере, сократить влияние теплового режима газогенератора на результаты испытаний, каждому замеру предшествовал двухкилометровый пробег автомобиля со скоростью 35—40 км/час. Последнее, по нашему мнению, давало возможность во всех случаях привести газогенератор к одному и тому же тепловому состоянию. Последующая обработка результатов испытаний показала, что принятый нами метод испытаний целиком оправдал себя. Повторные кривые разгона автомобиля, снятые при указанном методе испытаний, достаточно близко совпадают между собой и дают возможность производить сравнительную оценку динамических качеств автомобиля при других переменных его параметрах и, в частности, при изменении передаточного числа главной передачи.

## ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ОБ ИСПЫТУЕМОМ АВТОМОБИЛЕ ГАЗ-42

### Изменения в конструкции автомобиля ГАЗ-АА при переводе его с бензина на газ

Газогенераторный автомобиль ГАЗ-42 со смонтированной на нем газогенераторной установкой НАТИ Г-14 создан на базе максимального использования шасси бензинового автомобиля ГАЗ-АА.

При переоборудовании бензинового автомобиля ГАЗ-АА для работы на генераторном газе в конструкцию последнего внесены следующие изменения:

1. Для компенсации потери мощности при переводе двигателя ГАЗ с бензина на газ степень сжатия его повышена с 4,22 до 6,5. Увеличение степени сжатия достигнуто путем установки новой головки цилиндров с уменьшенным объемом камеры горения. Шатунно-кривошипная группа оставлена без изменений.

2. Изменен всасывающий коллектор с учетом избежания подогрева рабочей смеси от выхлопного коллектора.

3. Для розжига газогенератора двигателем, в случае порчи вентилятора или разрядки батареи аккумуляторов, а также для нужд внутригаражного маневрирования, двигатель снабжен карбюратором типа Солекс-2.

4. Благодаря наличию электромотора, приводящего во вращение вентилятор для розжига газогенератора и являющегося дополнительным потребителем электроэнергии, на автомобиле поставлена батарея аккумуляторов повышенной емкости — 112 Аh вместо 80 Аh. Электрооборудование автомобиля оставлено 6-вольтовое, зажигание батарейное, свечи стандартные — 18 мм.

5. Так как позади кабины размещены газогенератор, тонкий очиститель и ящик для хранения запасного топлива, платформа в передней части укорочена. Полезная площадь ее по сравнению с бензиновым автомобилем ГАЗ-АА уменьшилась на 15%. Запасное колесо вынесено на переднее левое крыло.

### Схема газогенераторной установки НАТИ Г-14

На рис. 37 представлена общая схема газогенераторной установки НАТИ Г-14. Установка спроектирована Научно-исследовательским авто-тракторным институтом и изготавливается заводом ГАЗ им. Молотова.

Газогенераторная установка состоит из следующих агрегатов:

1. Газогенератора, работающего на древесных чурках по опрокинутому процессу газификации, с полным подогревом бун-

кера и отбором газа в верхней его части. Назначение газогенератора — превратить твердое горючее (древесные чурки) в горючие газы, которые после очистки и охлаждения поступает в цилиндры двигателя для сгорания. Газогенератор расположен с левой стороны за кабиной.

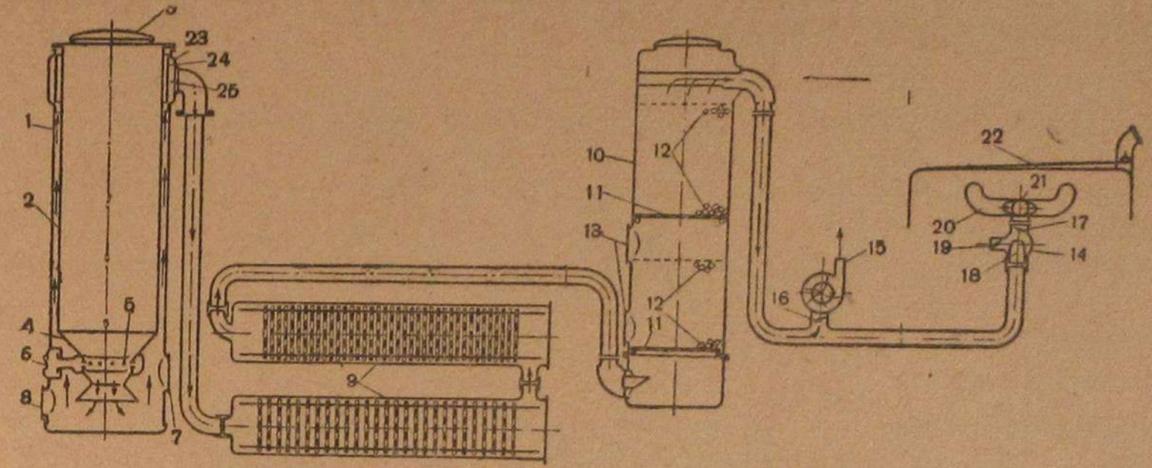


Рис. 37. Схема газогенераторной установки НАТИ Г-14.

1—корпус газогенератора; 2—бункер; 3—крышка загрузочного люка; 4—камера горения; 5—фурмы; 6—воздушный клапан; 7—люк для загрузки угля; 8—люк для очистки зольника; 9—грубые очистители-охладители; 10—тонкий очиститель; 11—сетка; 12—кольца Рашига; 13—люки для загрузки и выгрузки колец Рашига; 14—смеситель; 15—вентилятор; 16—заслонка вентилятора; 17—дроссельная заслонка смесителя; 18—сопло для выхода газа; 19—воздушная заслонка смесителя; 20—всасывающий коллектор; 21—фланец крепления карбюратора; 22—двигатель; 23—корпус коллектора; 24—сегменты; 25—кольцевое пространство.

2. Батареи горизонтальных охладителей-очистителей, состоящей из двух прямоугольных ящиков, последовательно соединенных между собой, со вставленными в них пластинами с отверстиями. Батарея охладителей-очистителей предназначена для охлаждения газа и грубой очистки его от механических примесей. Охладители-очистители монтируются под платформой между лонжеронами рамы.

3. Тонкого очистителя, заполненного в два слоя кольцами Рашига и служащего для тонкой очистки газа, расположенного с правой стороны за кабиной.

4. Вентилятора для розжига газогенератора с приводом от электромотора, расположенного над правым крылом у подножки автомобиля.

5. Смесителя генераторного газа с воздухом (с центральным подводом газа), присоединенного к фланцу всасывающего коллектора двигателя.

1 Коллектор отбора газа в газогенераторах выпуска 1940 г. не ставится. Корпус газогенератора в верхней части заканчивается фланцем, которым он соединяется с фланцем бункера. В тонком очистителе изъят поддон и верхний загрузочный люк. Сверху и снизу корпус очистителя закрывается приваренными штампованными днищами.

6. Системы трубопроводов, соединяющих между собой отдельные агрегаты газогенераторной установки.

7. Ящика для хранения запасного топлива, емкостью около 60 кг, находящегося позади кабины между газогенератором и тонким очистителем.

Расположение агрегатов установки НАТИ Г-14 на шасси автомобиля видно из рис. 38.

#### Основные данные о газогенераторной установке НАТИ Г-14

Род потребляемого топлива . . . . .	древесные чурки
Процесс газификации . . . . .	опрокинутый
Способ розжига газогенератора . . . . .	вентилятором или двигателем при работе на бензине
Форма бункера газогенератора . . . . .	цилиндрическая
Высота бункера . . . . .	1000 мм
Диаметр бункера . . . . .	400 мм (внутр.)
" загрузочного люка . . . . .	295 мм
" люков восстановительной зоны . . . . .	166 мм
Подогрев бункера . . . . .	имеется полный отбор газа из газогенератора — верхний
Способ предохранения бункера от коррозии . . . . .	внутренняя поверхность бункера покрыта электролитическим путем слоем красной меди
Камера горения . . . . .	цельнолитая из малоуглеродистой стали, алитированная
Система подвода воздуха в камеру горения . . . . .	фурмы 10 шт. диаметром 8 мм
Диаметр зоны горения . . . . .	200 мм
" горловины камеры . . . . .	120 мм
Высота активной зоны . . . . .	174 мм
Расстояние от зоны горения до дна зольника . . . . .	320 мм
Крепление камеры горения к бункеру . . . . .	приваркой
Запас хода автомобиля на одной загрузке газогенератора <sup>1</sup> . . . . .	50 км
Тип охладителя и грубого очистителя . . . . .	поверхностный с помощью перфорированных пластин
Тип тонкого очистителя . . . . .	поверхностный, вертикальный цилиндр с двумя слоями колец Рашига
Габарит в мм:	
а) охладителей-очистителей . . . . .	136 × 256 × 1420
б) тонкого очистителя . . . . .	400 × 1660
Тип смесителя . . . . .	эжекционный с центральным подводом газа.

<sup>1</sup> Запас хода автомобиля определяется из расчета расхода топлива на  $\frac{3}{4}$  бункера газогенератора.

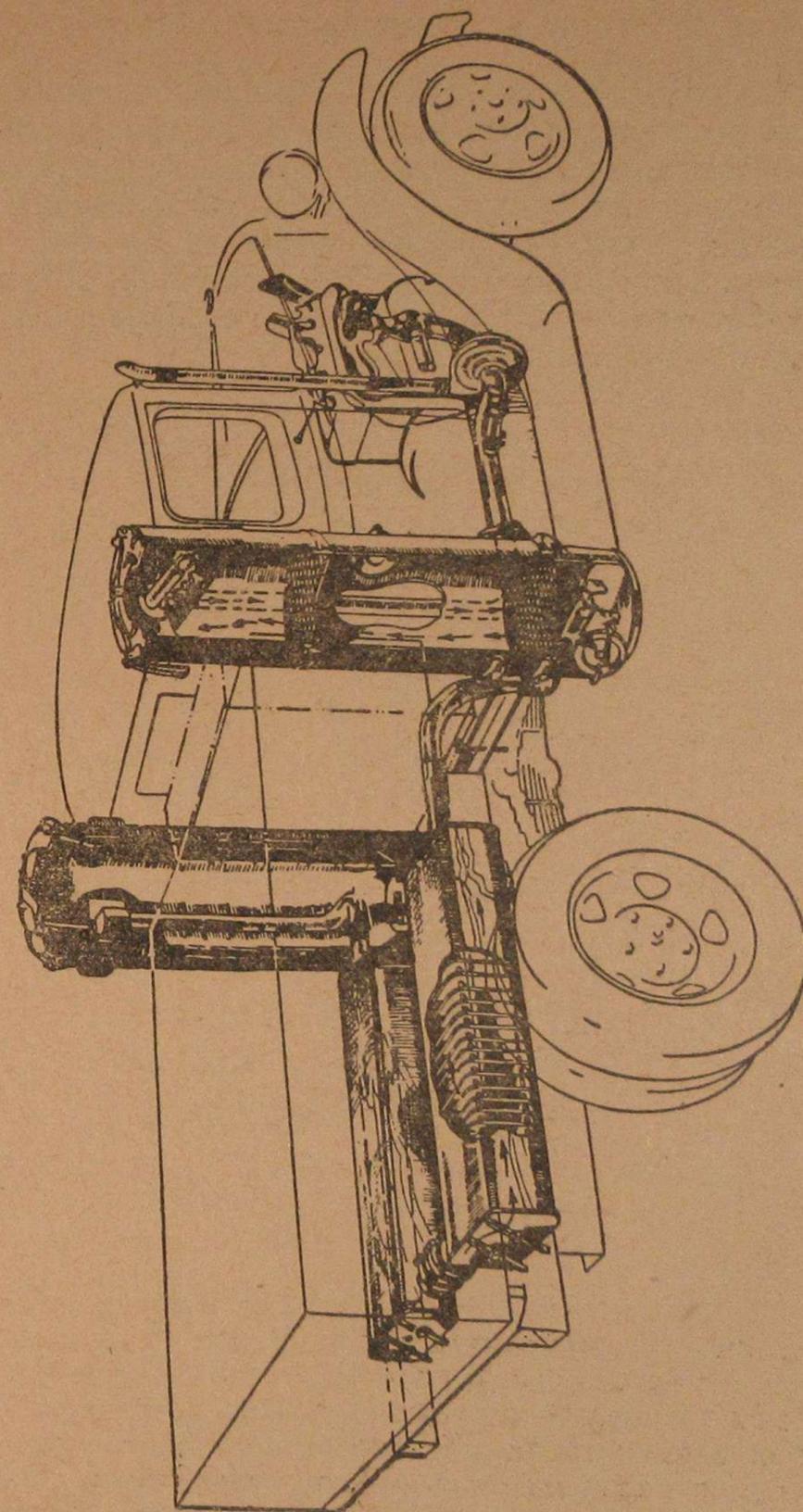


Рис. 38. Расположение агрегатов газогенераторной установки НАТИ Г-14 на шасси автомобиля ГАЗ-42.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

### Мощность и тяга на ведущих колесах автомобиля

Определение динамических качеств автомобиля производилось при помощи самопишущего прибора «SVT», приводящегося в действие от карданного вала и фиксирующего на бумажной ленте одновременно время, путь и скорость движения при разгоне автомобиля. Путем дальнейшей обработки опытных кривых пути и времени разгона определены: ускорение, динамический фактор, тяговое усилие и мощность на ободу ведущих колес испытываемого автомобиля.

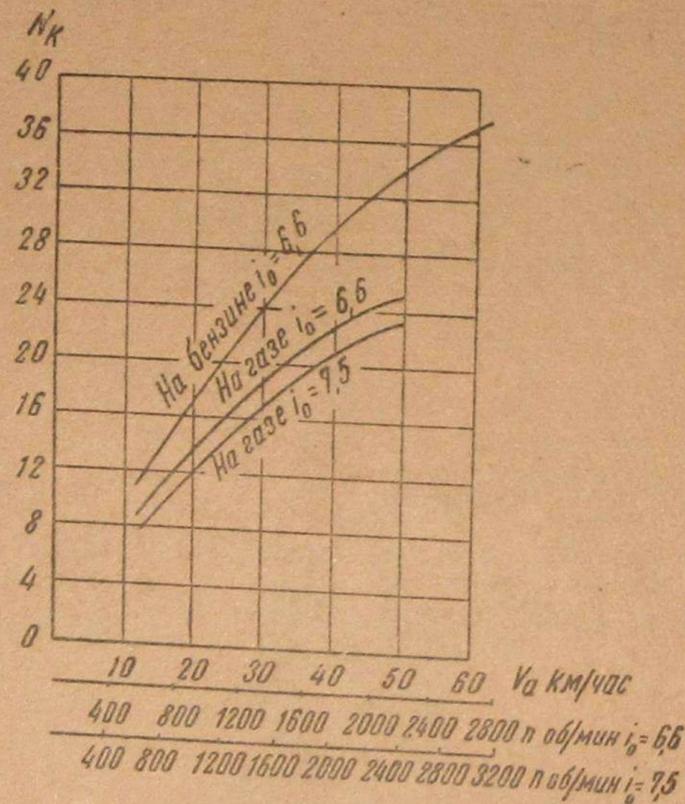


Рис. 39. Мощность на ведущих колесах автомобиля ГАЗ-42 на бензине и на газе.

На рис. 39 дано изменение мощности двигателя, подведенной к ведущим колесам автомобиля, а на рис. 40 — изменение тягового усилия на бензине и на газе. Относительное расположение кривых на рис. 39 дает наглядное представление о значительном снижении мощности газогенераторного двигателя по сравнению с бензиновым, а следовательно, и о снижении тяговых качеств газогенераторного автомобиля. Процентное уменьшение мощности на газе по сравнению с мощностью на бензине дано в табл. 29.

Таблица 29

$V_a$ км/час	16	24	32	40	48	50
На газе $i_0 = 6,6$	30,0	30,0	31,0	31,3	31,3	32
$i_0 = 7,5$	19,7	22,0	23,0	24,0	26,5	29,2

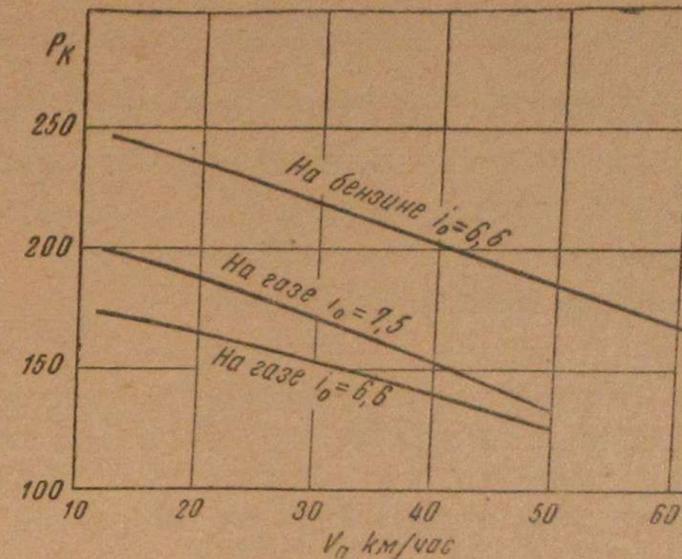


Рис. 40. Тяговое усилие на ведущих колесах автомобиля ГАЗ-42 на прямой передаче на бензине и на газе.

### Динамическая характеристика автомобиля

На рис. 41 нанесены динамические характеристики автомобиля ГАЗ-42 на прямой передаче при работе двигателя на газе и на бензине. По оси абсцисс отложена скорость движения автомобиля, а по оси ординат слева значения динамического фактора, соответствующие весу автомобиля — 3400 кг.

Динамический фактор есть отношение избыточной тяги к весу автомобиля и выражается следующим уравнением:

$$D = \frac{P_k - P_w}{G_a} = \frac{P_u}{G_a}, \quad (12)$$

где  $D$  — динамический фактор;

$P_k$  — тяга на ведущих колесах автомобиля в кг;

$P_w$  — усилие, затрачиваемое на преодоление сопротивления воздуха в кг;

$P_u$  — избыточная тяга, которая может быть израсходована на преодоление сопротивления дороги и на ускорение автомобиля в кг;

$G_a$  — полный вес автомобиля в кг.

Если в уравнении (12) значение отдельных членов выразить через коэффициенты и параметры, характеризующие дорогу и автомобиль, то уравнение это может быть преобразовано в следующий вид:

$$D = f + \sin \alpha + \frac{\delta}{g} J_a \quad (13)$$

где  $f$  — коэффициент сопротивления качению автомобиля;

$\sin \alpha$  — синус угла подъема, преодолеваемого автомобилем;

$\delta$  — коэффициент учета вращающихся масс автомобиля;

$g$  — ускорение силы тяжести 9,81 м/сек.<sup>2</sup>;

$i_a$  — ускорение автомобиля в м/сек.<sup>2</sup>.

Изменение динамического фактора в зависимости от скорости движения называется динамической характеристикой автомобиля. Из сравнения динамических характеристик, представленных на рис. 41 видно, что автомобиль ГАЗ-42 при работе на газе обладает значительно худшей динамикой, чем на бен-

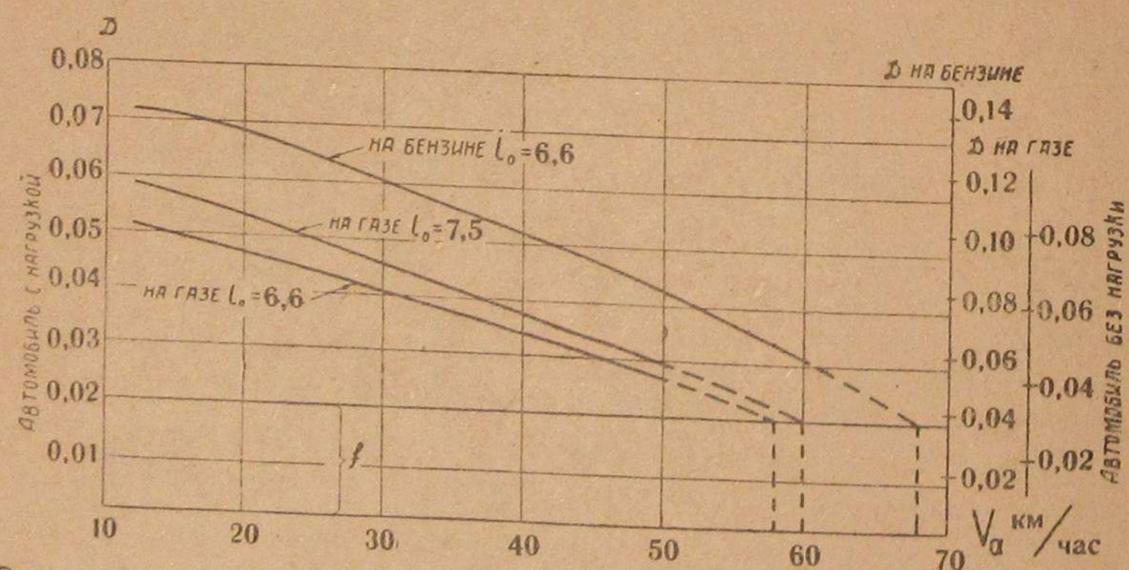


Рис. 41. Динамическая характеристика автомобиля ГАЗ-42 на прямой передаче на бензине и на газе.

зине. Уменьшение динамического фактора газогенераторного автомобиля по сравнению с бензиновым при передаточном числе главной передачи 6,6 в зависимости от скорости движения достигает 30—40%.

Таблица 30

Величины динамического фактора автомобиля ГАЗ-42 на прямой передаче

$V_a$ км/час	16	24	32	40	48	50
--------------	----	----	----	----	----	----

Для автомобиля с нагрузкой

На бензине $i_0 = 6,6$ . . . . .	0,0703	0,0650	0,0580	0,0520	0,0450	0,0420
На газе $i_0 = 6,6$ . . . . .	0,0488	0,0444	0,0390	0,0335	0,0281	0,0265
„ $i_0 = 7,5$ . . . . .	0,0562	0,0503	0,0438	0,0378	0,0309	0,0292

Для автомобиля без нагрузки

На бензине $i_0 = 6,6$ . . . . .	0,1330	0,1230	0,1095	0,0985	0,0810	0,0830
На газе $i_0 = 6,6$ . . . . .	0,0722	0,0657	0,0575	0,0495	0,0415	0,0392
„ $i_0 = 7,5$ . . . . .	0,0830	0,0744	0,0649	0,0560	0,0457	0,0430

Снижение динамических качеств газогенераторного автомобиля, по сравнению с бензиновым, в большей мере сказывается при движении автомобиля без нагрузки. Происходит это вследствие значительного увеличения мертвого веса газогенераторного автомобиля по сравнению с бензиновым. Мертвый вес бензинового автомобиля ГАЗ-АА составляет 1 800 кг, а газогенераторного автомобиля ГАЗ-42, благодаря размещению на нем газогенераторной установки и запаса древесного топлива—2 300 кг. Увеличение мертвого веса автомобиля ГАЗ-42 на 500 кг, естественно, ведет к снижению его тяговых качеств.

Для сравнительной оценки динамики автомобиля без нагрузки как на бензине, так и на газе, можно воспользоваться динамическими характеристиками груженого автомобиля, представленными на рис. 41. Эти кривые в определенном масштабе являются справедливыми для любого веса автомобиля. С этой целью на этом рисунке справа нанесены масштабы динамического фактора, соответствующие мертвому весу бензинового автомобиля—1 800 кг и газогенераторного автомобиля—2 300 кг.

Таблица 31

Уменьшение (в %) динамического фактора газогенераторного автомобиля ГАЗ-42 по сравнению с бензиновым автомобилем ГАЗ-АА. Динамический фактор автомобиля ГАЗ-АА принят за 100%

$V_a$ км/час.	16	24	32	40	48	50
---------------	----	----	----	----	----	----

Для автомобиля с нагрузкой

На газе $i_0 = 6,6$ . . . .	30,5	31,6	32,7	35,3	37,6	39,5
„ $i_0 = 7,5$ . . . .	20,0	22,5	24,5	27,2	31,2	33,3

Для автомобиля без нагрузки

На газе $i_0 = 6,6$ . . . .	45,7	46,5	47,5	49,7	51,1	52,7
„ $i_0 = 7,5$ . . . .	37,5	39,5	40,7	43,1	46,2	48,3

Если же учесть, что динамическая характеристика (рис. 41) приводится не для стандартного бензинового автомобиля ГАЗ-АА, а для газогенераторного, работающего на бензине, т. е. с увеличенной площадью лобового сопротивления и несколько худшей обтекаемостью, благодаря выступам агрегатов газогенераторной установки, то уменьшение динамического фактора автомобиля ГАЗ-АА будет несколько выше, чем это следует из рис. 41. На небольших скоростях движения эта разница является незначительной. При скоростях же движения 40—50 км/час затраты мощности на преодоление сопротивления воздуха значительно возрастает, и лучшая обтекаемость бензинового автомобиля, по сравнению с газогенераторным, даст дополнительную разницу в значениях динамического фактора.

#### Ускорение автомобиля на прямой передаче

Величина возможного ускорения является одним из главных показателей динамических качеств автомобиля. Чем больше ускорение, тем выше приемистость автомобиля, и он быстрее разгоняется. Этот показатель динамики для газогенераторного автомобиля имеет несколько более важное значение, чем для бензинового автомобиля, поскольку газогенераторные

автомобили предназначаются для эксплуатации преимущественно в лесные районы, зачастую с неблагоустроенными дорогами, где часто имеют место вынужденное уменьшение скорости и последующий разгон автомобиля. Чем больше ускорение автомобиля, тем лучше его приемистость и тем выше будет его средняя скорость движения.

На рис. 42 нанесены значения ускорений автомобиля ГАЗ-42 при движении на прямой передаче по горизонтальной дороге с коэффициентом качения — 0,02 при работе двигателя на бензине и на газе.

Закон изменения ускорения в зависимости от скорости движения у газогенераторного автомобиля ГАЗ-42 примерно такой

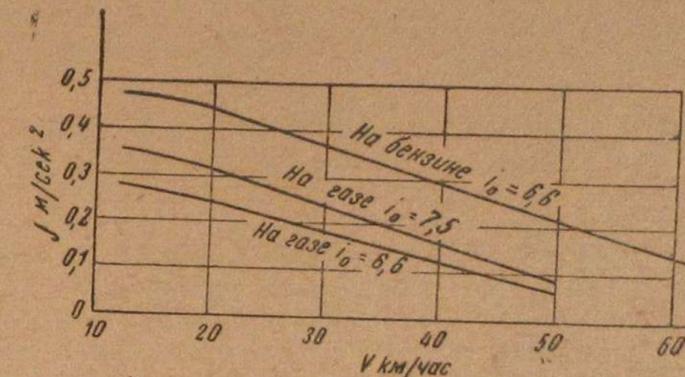


Рис. 42. Ускорение автомобиля ГАЗ-42 на прямой передаче на бензине и на газе.

же, как и у бензинового автомобиля. Однако, абсолютные значения ускорений значительно меньше, что, безусловно, снижает приемистость автомобиля ГАЗ-42 по сравнению с бензиновым автомобилем ГАЗ-АА.

#### Путь и время разгона автомобиля

Показателем приемистости автомобиля является путь и время, необходимые для того, чтобы автомобиль с начальной скорости движения  $V_1$ , разогнался по заданной скорости  $V_2$ . Чем меньше путь и время разгона, тем выше приемистость автомобиля.

На рис. 43 и 44 даны путь и время разгона автомобиля ГАЗ-42 на прямой передаче на газе и бензине. Разгон автомобиля производился с начальной скорости движения  $V_a = 12$  км/час до максимальной скорости.

Увеличение пути и времени разгона автомобиля на генераторном газе, по сравнению с разгоном на бензине, дано в табл. 32 и 33.

Таблица 32

Увеличение (в %) пути разгона автомобиля ГАЗ-42 на прямой передаче на газе по сравнению с разгоном на бензине. Путь разгона на бензине принят за 100%

$V_a$ км/час.	Путь разгона (в метрах)			Увеличение пути разгона на газе (в процентах)	
	на бензине	на газе			
	$i_0 = 6,6$	$i_0 = 6,6$	$i_0 = 7,5$	$i_0 = 6,6$	$i_0 = 7,5$
20	22	32	26	45	18
30	76	132	110	74	45
40	160	306	264	91	65
50	296	660	570	123	92

Таблица 33

Увеличение (в %) времени разгона автомобиля ГАЗ-42 на прямой передаче на газе по сравнению с разгоном на бензине. Время разгона на бензине принято за 100%

$V_a$ км/час.	Время разгона (в секундах)			Увеличение времени разгона на газе (в процентах)	
	на бензине	на газе			
	$i_0 = 6,6$	$i_0 = 6,6$	$i_0 = 7,5$	$i_0 = 6,6$	$i_0 = 7,5$
20	4,4	8,0	6,2	82	41
30	11,2	21,0	16,8	87	50
40	19,6	39,6	30,6	102	56
50	30,8	70,0	53,0	128	72

Из рис. 43 и 44, а также из табл. 32 и 33 видно, что путь и время разгона автомобиля ГАЗ-42 при всех скоростях движения как при стандартной главной передаче, так и при повышенной (7,5 вместо 6,6) на газе получается значительно больше, чем на бензине. С повышением скорости движения увеличение пути и времени разгона у газогенераторного автомобиля происходит более резко, чем у бензинового. Если для разгона бензинового автомобиля до скорости  $V_a = 30$  км/час, путь разгона составляет 76 м, то для газогенераторного автомобиля при  $i_0 = 6,6$  он равняется 132 м и при  $i_0 = 7,5$  — 110 м,

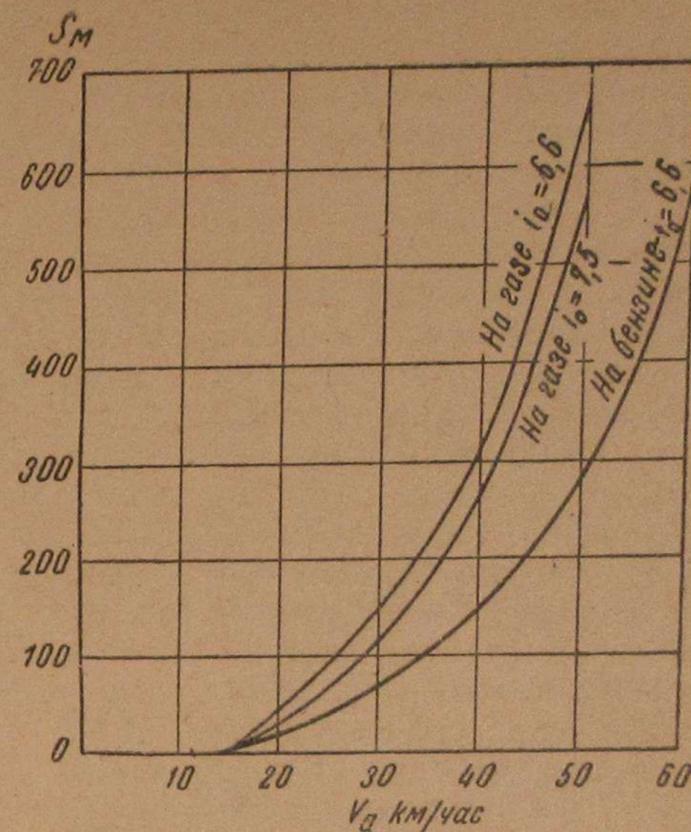


Рис. 43. Путь разгона автомобиля ГАЗ-42 на прямой передаче на бензине и на газе.

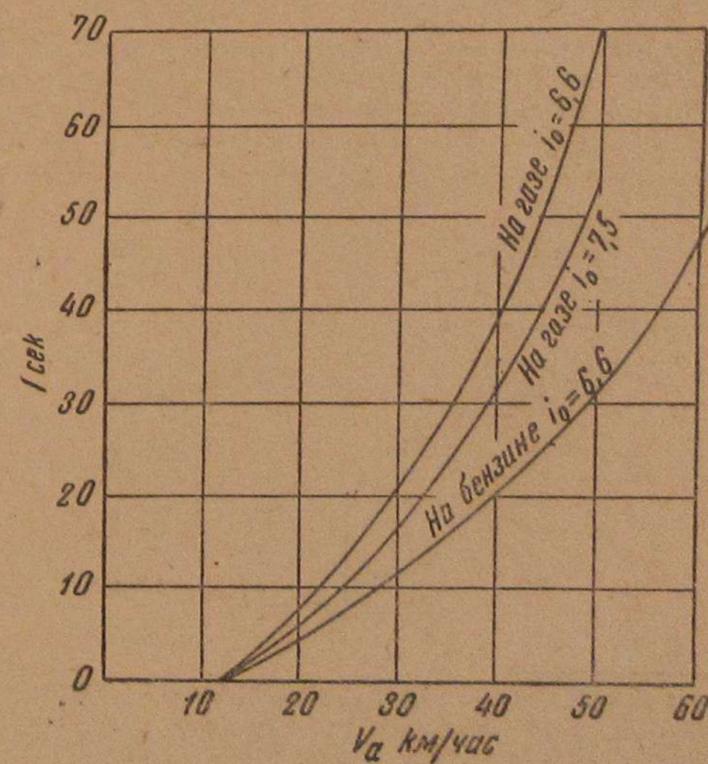


Рис. 44. Время разгона автомобиля ГАЗ-42 на прямой передаче на бензине и на газе.

что в процентах соответственно дает увеличение пути разгона на 74% и 45%. С повышением же скорости разгона до 50 км/час путь разгона газогенераторного автомобиля возрастает при  $i_0 = 6,6$  на 123% и при  $i_0 = 7,5$  на 92%, по сравнению с разгоном на бензине. С увеличением скорости, до которой разгоняется автомобиль, возрастает также и время, потребное для разгона газогенераторного автомобиля.

Указанное выше явление следует объяснить тем, что газогенераторный двигатель обладает худшей приемистостью по сравнению с бензиновым.

Приемистость же двигателя на газе в значительной мере зависит от работы газогенераторной установки и, в первую очередь, от самого газогенератора. Современные газогенераторы сравнительно медленно приспособляются к изменяющемуся режиму работы двигателя, поэтому при резком увеличении нагрузки и оборотов двигателя, когда расход генераторного газа быстро возрастает, газогенератор, обладая определенной инерцией, не успевает давать газ нужного качества и в необходимом количестве. В этом направлении было проведено ряд исследований как за границей, так и у нас<sup>1</sup>, и все они приводят к одному выводу, что для улучшения приемистости газогенераторного автомобиля желательно было бы иметь дополнительный газгольдер, который наряду с газогенератором питал бы двигатель газом при разгоне автомобиля.

Таблица 34

Уменьшение (в процентах) пути и времени разгона автомобиля ГАЗ-42 на газе на прямой передаче при увеличении передаточного числа главной передачи с 6,6 до 7,5. Путь и время разгона при передаточном числе 6,6 приняты за 100%

$V_a$ км/час	Уменьшение пути разгона (в процентах)	Уменьшение времени разгона (в процентах)
20	18,7	22,5
30	16,5	20,0
40	13,6	22,5
50	13,6	24,0

<sup>1</sup> Из заграничных работ большого внимания заслуживают испытания на приемистость двигателя Комник с газогенератором Дейтц. Обширные опыты с двигателем ГАЗ были проведены в НАТИ и Ленинградском индустриальном институте.

Постановка главной передачи с повышенным передаточным числом (7,5 вместо 6,6), как видно из рис. 39—44, а также из табл. 34, улучшило динамические качества автомобиля ГАЗ-42 на прямой передаче, и опытные данные в основном совпадают с результатами теоретического исследования динамики автомобиля путем построения рабочего баланса автомобиля при различных значениях передаточного числа главной передачи (см. раздел «Изменение передаточных чисел трансмиссии»).

Совсем другая картина получается, если обратиться к рассмотрению приемистости автомобиля на газе и на бензине при

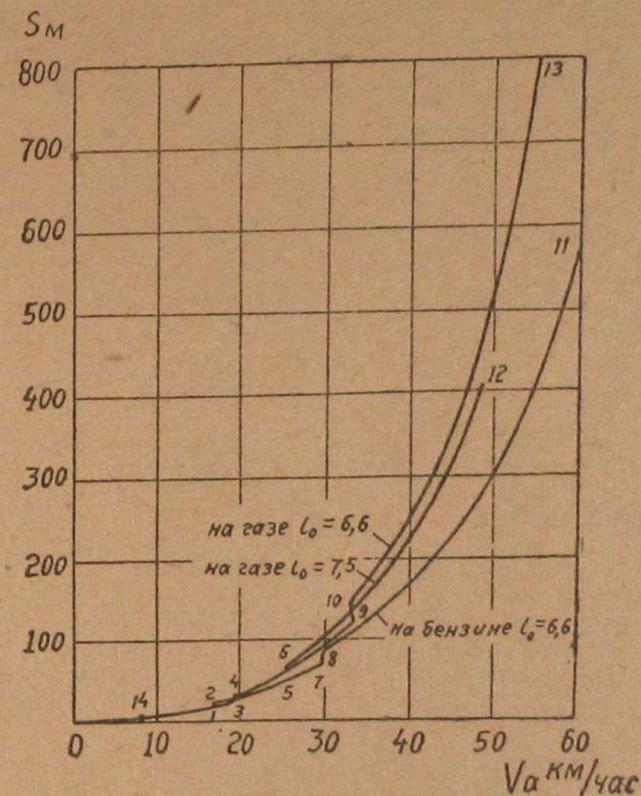


Рис. 45. Путь разгона автомобиля ГАЗ-42 на передачах. Значения отдельных участков кривых: 0—14—разгон на первой передаче на бензине и на газе при  $i_0 = 6,6$  и  $i_0 = 7,5$ ; 14—1—разгон на второй передаче на бензине; 14—3—разгон на второй передаче на газе при  $i_0 = 6,6$  и  $i_0 = 7,5$ ; 2—7—разгон на третьей передаче на бензине; 8—11—разгон на прямой передаче на бензине; 4—9—разгон на газе на третьей передаче при  $i_0 = 6,6$ ; 10—13—разгон на газе на прямой передаче при  $i_0 = 6,6$ . 4—5—разгон на третьей передаче при  $i_0 = 7,5$ ; 6—12—разгон на прямой передаче при  $i_0 = 7,5$ .

разгоне на передачах. Из графиков, представленных на рисунках 45 и 46, видно, что путь и время разгона автомобиля до скорости 30 км/час как на газе, так и на бензине практически

получаются одинаковыми. При более высоких скоростях движения приемистость автомобиля на бензине получается лучше, чем на газе, но все же в меньшей степени, чем при разгоне автомобиля на прямой передаче.

Значительный интерес представляют исследования причины, обуславливающей то, что приемистость автомобиля на низших передачах как на бензине, так и на газе практически получается одинаковой. На первый взгляд казалось бы, что если бензиновый автомобиль имеет двигатель большей мощности,

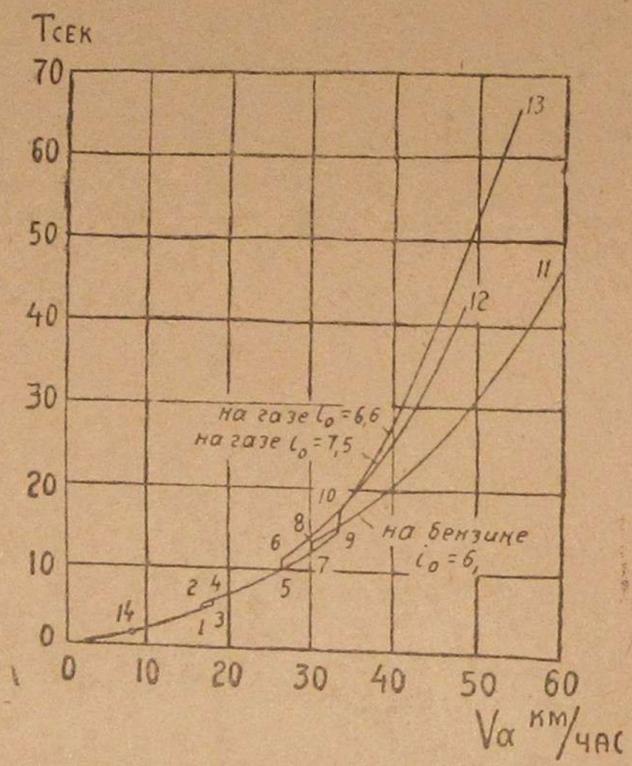


Рис. 46. Время разгона автомобиля ГАЗ-42 на передачах. Значения отдельных участков кривых: 0—14—разгон на первой передаче на бензине и на газе при  $i_0=6,6$  и  $i_0=7,5$ ; 14—1—разгон на второй передаче на бензине; 14—3—разгон на второй передаче на газе при  $i_0=6,6$  и  $i_0=7,5$ ; 2—7—разгон на третьей передаче на бензине; 8—11—разгон на прямой передаче на бензине; 4—9—разгон на газе на третьей передаче при  $i_0=6,6$ ; 10—13—разгон на газе на прямой передаче при  $i_0=6,6$ ; 4—5—разгон на газе на третьей передаче при  $i_0=7,5$ ; 6—12—разгон на газе на прямой передаче при  $i_0=7,5$ .

чем газогенераторный, то и приемистость бензинового автомобиля во всех случаях должна быть лучше, чем у газогенераторного. Однако этого не получается. В чем же причина этого явления? Основная причина заключается в том, что внешняя характеристика бензинового двигателя, снимаемая на стенде в

лабораторных условиях, в значительной мере отличается от внешней характеристики, полученной методом разгона автомобиля в дорожных условиях. При снятии внешней характеристики двигателя на стенде, каждый замер мощности обычно производится при установившемся режиме работы двигателя, т. е. при условии, что в карбюраторе происходит нормальный процесс смесеобразования, и в двигатель поступает рабочая смесь нужного качества.

Совершенно другие условия работы бензинового двигателя получаются при резко изменяющихся числах оборотов, что имеет место при разгоне автомобиля, особенно на низших передачах. При резком открытии дроссельной заслонки и быстром возрастании чисел оборотов двигателя рабочая смесь обедняется, поэтому внешняя характеристика бензинового двигателя, снимаемая при таком режиме работы двигателя, неизбежно будет несколько ниже, чем характеристика, полученная при установившемся режиме испытания.

Для того, чтобы ответить на вопрос, в какой мере мощность бензинового двигателя уменьшается (а следовательно, и ухудшаются тяговые качества автомобиля) при переменном режиме работы по сравнению с мощностью, развиваемой при установившемся режиме, автором были проведены стендовые и дорожные испытания автобуса — ГАЗ и пикапа — ГАЗ, при стандартном бензиновом оборудовании. В задачу испытаний входило: исследование динамических качеств автомобиля на стенде Ридлер и в дорожных условиях, а также сравнительный анализ результатов испытаний.

Вопрос динамики автомобиля при переменном режиме работы двигателя в значительной мере является недоработанным и, насколько известно из печати, исследования в этом направлении не проводились ни у нас, ни за границей. Поэтому, приводимые ниже результаты испытаний, предпринятых автором, следует рассматривать только, как первую попытку подойти к сравнительной оценке динамики автомобиля, определяемой на стенде Ридлер при установившемся режиме работы двигателя и в условиях разгона автомобиля на дороге, когда режим работы двигателя резко изменяется.

Испытания на стенде Ридлер производились в лаборатории бронеавтомобилей ВАММ им. Сталина. Коэффициент качения ведущих колес автомобиля по беговым барабанам был принят — 0,018. Температура окружающего воздуха  $27^\circ \text{C}$ . Температура воды в двигателе поддерживалась  $75-80^\circ \text{C}$ . Испытания автобуса велись при общем весе 2350 кг, а пикапа — при весе 1600 кг.

Дорожные испытания обоих автомобилей производились на 31 км шоссе Энтузиастов (Москва) с гудронированным покры-

тием. Все замеры производились два раза при заездах автомобиля во взаимно противоположных направлениях. При обработке бралось среднее значение величин от двух замеров. Коэффициент качения был принят — 0,02. Температура окружающего воздуха была  $29^{\circ}\text{C}$ . Температура воды в двигателе колебалась в пределах  $75\text{—}80^{\circ}\text{C}$ <sup>1</sup>.

Испытания обоих автомобилей на стенде Ридлер производились на прямой передаче. В результате испытаний получено тяговое усилие на ведущих колесах автомобиля в зависимости от скорости движения. Величины тягового усилия, динамического фактора и ускорения автомобиля на низших передачах были получены расчетным путем по данным испытаний на прямой передаче.

Во время дорожных испытаний при помощи прибора «Original Bruhn» проводящегося в действие от пятого колеса, устанавливаемого на кронштейне у подножки автомобиля, были сняты графики разгона автобуса и пикапа на каждой передаче в отдельности, начиная с минимальной устойчивой скорости для данной передачи.

На рис. 47—54 даны результаты стендовых и дорожных испытаний. Сплошные кривые соответствуют стендовым испытаниям, а пунктирные—дорожным; причем каждая пунктирная кривая на всех рисунках представляет собой результат самостоятельного эксперимента, произведенного на каждой передаче в отдельности.

На рис. 47 и 48 нанесены мощности, а на рис. 49 и 50 — изменение тягового усилия на ведущих колесах испытуемых автомобилей. Из этих рисунков видно, что мощность двигателя, подводимая к ведущим колесам при разгоне автомобиля, значительно меньше мощности, получаемой при установившемся режиме работы, что фактически имеет место во время испытаний автомобиля на стенде Ридлер.

На рис. 51, 52, 53 и 54 показано изменение динамического фактора и ускорения автомобиля в зависимости от скорости движения.

Из рис. 47—54 видно, что динамические качества бензинового автомобиля в нормальных дорожных условиях получаются значительно хуже, по сравнению с динамикой, определяемой испытаниями на стенде Ридлер. Иллюстрируем это цифровыми данными. Ускорение автобуса при разгоне на прямой передаче на средних скоростях на  $15,5\text{—}17,5\%$  ниже по сравнению с данными стендовых испытаний. При разгоне

<sup>1</sup> Методика испытания автомобиля на стенде Ридлер изложена в работе акад. Е. А. Чулакова «Теория автомобиля», ОНТИ, 1935 г.

Методика дорожных испытаний автомобиля и порядок обработки опытных данных подробно изложены в работе Б. С. Фалькевича. «Дорожные испытания автомобилей», Гострансиздат, 1936 г.

Рис. 47. Мощность на ведущих колесах автобуса ГАЗ. Сплошная кривая — стендовые испытания, пунктирные — дорожные испытания.

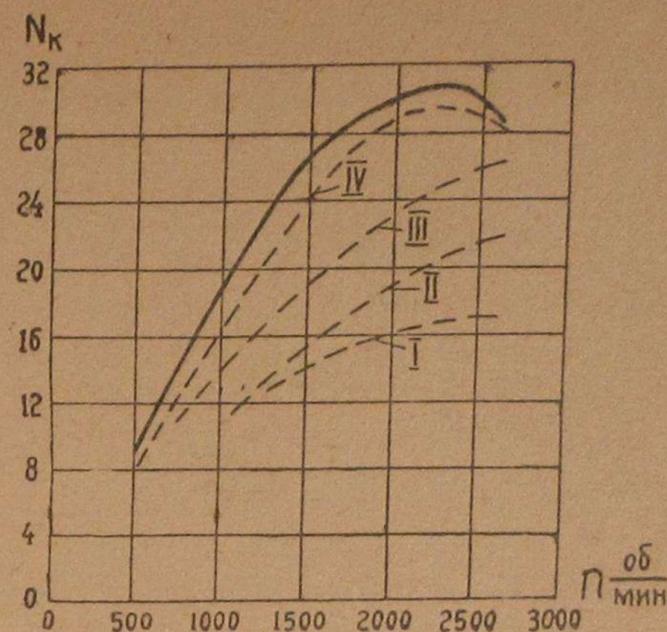
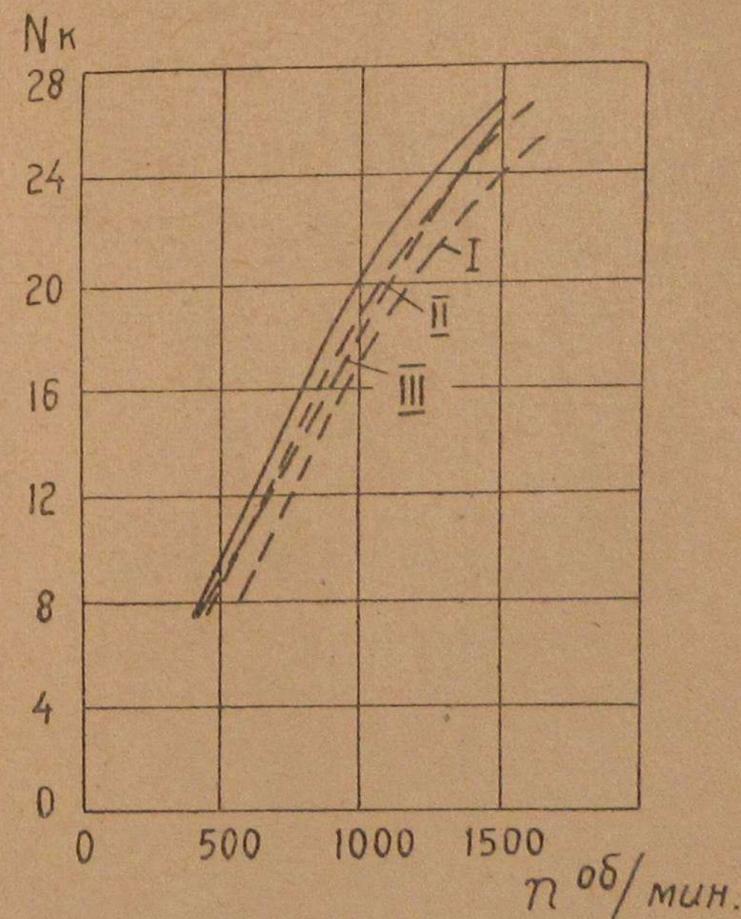


Рис. 48. Мощность на ведущих колесах пикапа ГАЗ. Сплошная кривая — стендовые испытания, пунктирные — дорожные испытания.



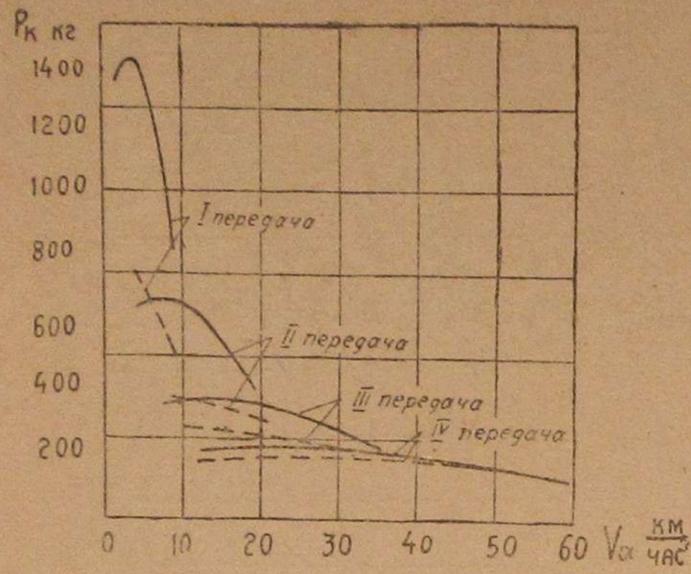


Рис. 49. Тяговое усилие на ведущих колесах пикапа ГАЗ. Сплошные кривые—стендовые испытания, пунктирные—дорожные испытания.

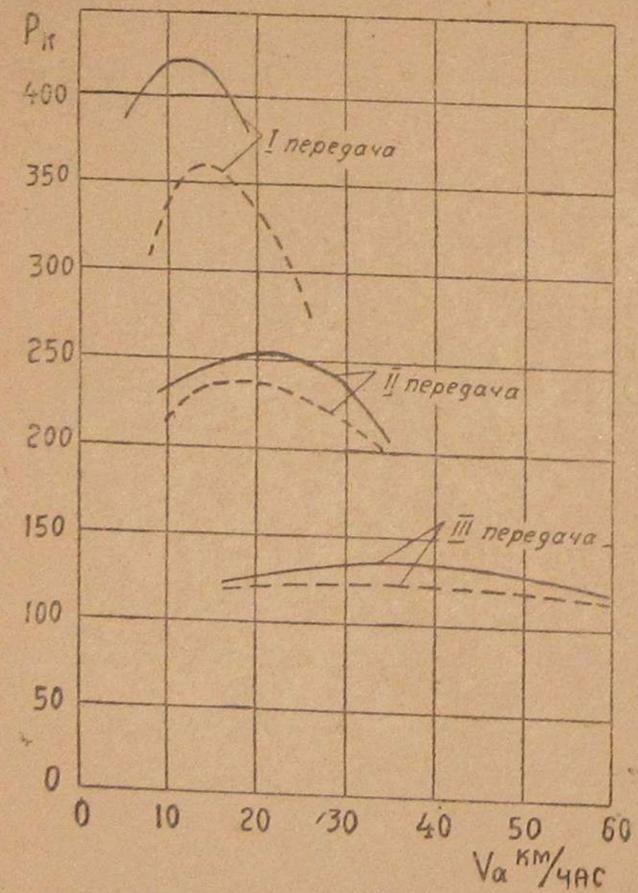


Рис. 50. Тяговое усилие на ведущих колесах пикапа ГАЗ. Сплошные кривые—стендовые испытания, пунктирные—дорожные испытания.

на третьей передаче уменьшение ускорения достигает 32—34%, а на первой и второй передачах падение ускорения колеблется в пределах 46—49%. У пикапа ускорение на прямой и второй передачах получилось меньше чем на стенде Ридлер в среднем на 6—15%, а на первой передаче на 10—26%.

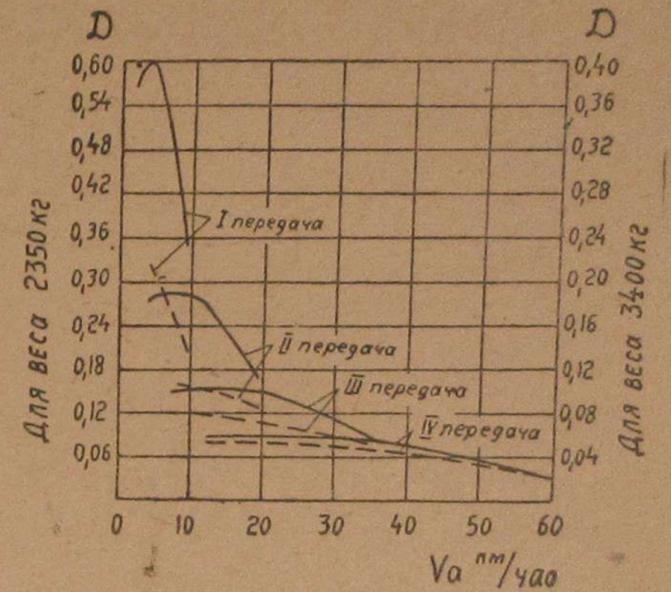


Рис. 51. Динамическая характеристика автобуса ГАЗ. Сплошные кривые—стендовые испытания, пунктирные—дорожные испытания.

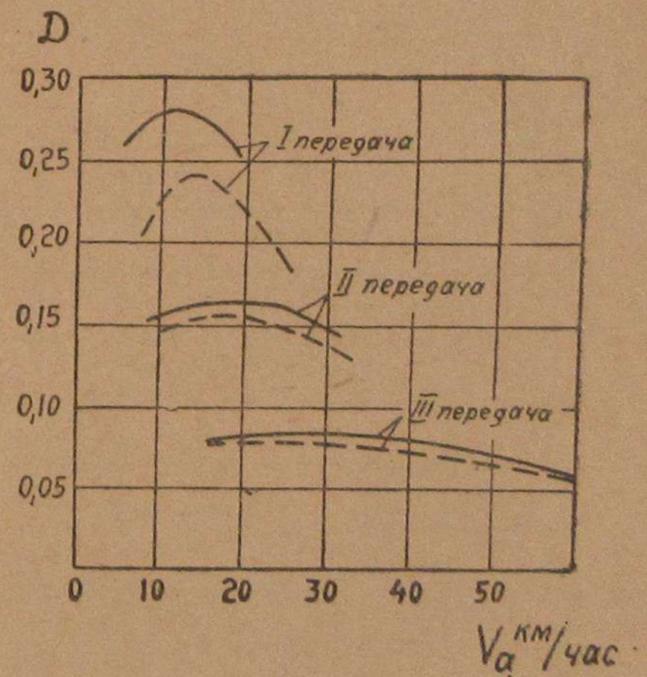


Рис. 52. Динамическая характеристика пикапа ГАЗ. Сплошные кривые—стендовые испытания, пунктирные—дорожные испытания.

В чем же заключается причина того, что приемистость автомобиля при разгоне в дорожных условиях по сравнению с данными стендовых испытаний при переходе на низшие передачи значительно ухудшается? Ответ на этот вопрос можно

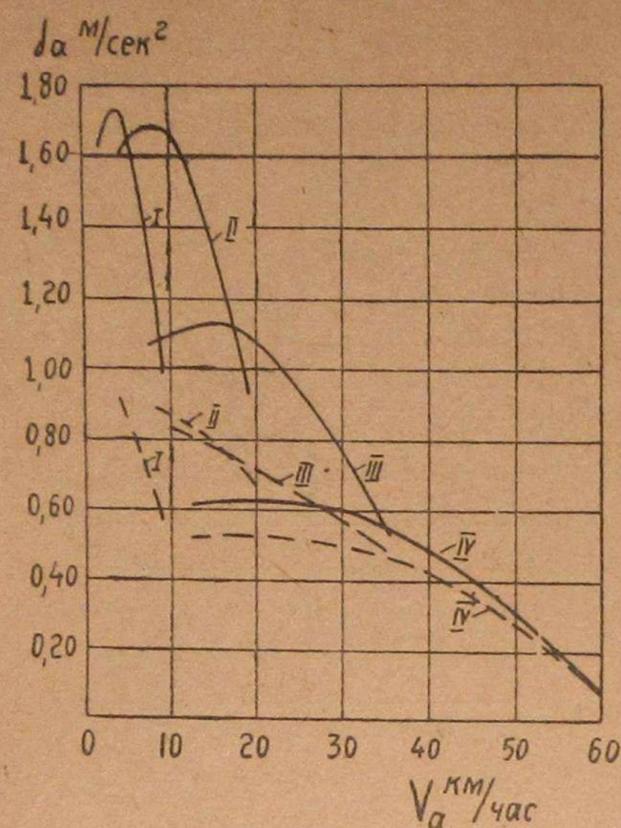


Рис. 53. Ускорение автобуса ГАЗ. Сплошные кривые—станддовые испытания, пунктирные—дорожные испытания.

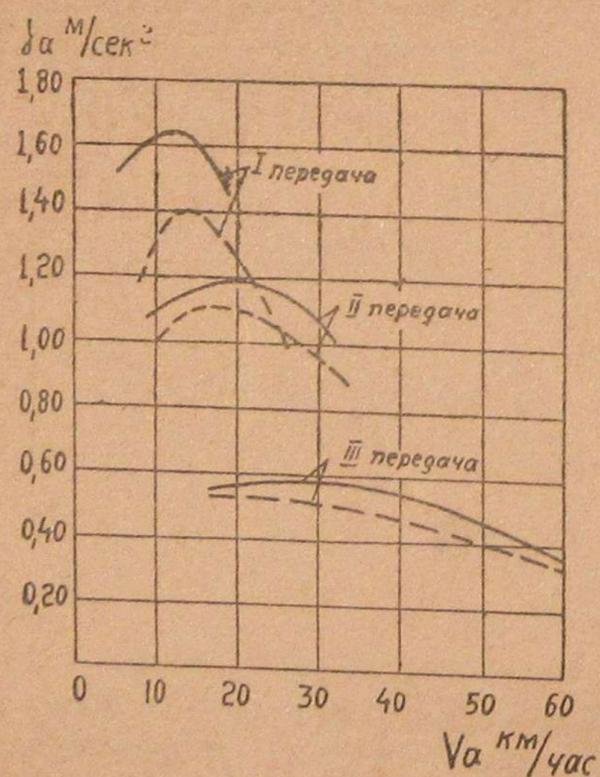


Рис. 54. Ускорение пикапа ГАЗ. Сплошные кривые—станддовые испытания, пунктирные—дорожные испытания.

получить, если обратиться к рассмотрению скорости изменения оборотов двигателя в единицу времени (или, что все равно, углового ускорения) при разгоне автомобиля на различных передачах (табл. 35 и 36).

Таблица 35

Автобус ГАЗ

Передача	Обороты двигателя		$n_2 - n_1$	Время разгона $T_{сек.}$	$\frac{n_2 - n_1}{T_{сек.}}$
	в начале разгона $n_1$	в конце разгона $n_2$			
прямая . . .	525	2 630	2 105	38,0	55,5
третья . . .	730	2 630	1 900	11,4	166,5
вторая . . .	1 070	2 630	1 560	4,9	319,0
первая . . .	1 100	2 630	1 530	2,3	665,0

Таблица 36

Пикап ГАЗ

Передача	Обороты двигателя		$n_2 - n_1$	Время разгона $T_{сек.}$	$\frac{n_2 - n_1}{T_{сек.}}$
	в начале разгона $n_1$	в конце разгона $n_2$			
прямая . . .	400	1 510	910	27,7	33,0
вторая . . .	470	1 600	1 130	6,6	171,0
первая . . .	620	2 030	1 410	3,9	362,0

Из табл. 35 и 36 видно, что при разгоне автобуса на третьей передаче приращение числа оборотов двигателя в одну секунду, по сравнению с прямой передачей, увеличивается примерно в 3 раза, на второй передаче — в 6 раз и на первой передаче — в 13 раз. Примерно такое же соотношение приращения числа оборотов двигателя на различных передачах получается и у пикапа. Однако, по абсолютной величине приращение оборотов двигателя в единицу времени у пикапа меньше, чем у автобуса почти в два раза. Этим и следует объяснить то, что мощность двигателя, подводимая к веду-

щим колесам, при разгоне на всех передачах у пикапа по сравнению с автобусом лежит ближе к мощности, полученной при испытании на стенде Ридлер (рис. 47 и 48).

Проведенные испытания автобуса и пикапа позволяют сделать вывод, что динамические качества бензинового автомобиля в дорожных условиях значительно хуже, чем они получаются при испытании на стенде Ридлер.

Испытания на стенде Ридлер дают верхний предел тяговых качеств автомобиля, в дорожных же условиях они всегда будут ниже. Причем снижение тяговых качеств автомобиля при разгоне всегда можно считать наибольшим, поскольку в эксплуатационных условиях более резкого изменения режима работы двигателя, чем при разгоне автомобиля, ожидать нельзя. Поэтому можно сделать заключение, что чем длительнее двигатель работает на определенном режиме, тем меньше будет снижение динамических качеств автомобиля в дорожных условиях по сравнению с данными стендовых испытаний.

Снижение динамических качеств бензинового автомобиля при переменном режиме работы двигателя следует объяснить несовершенством карбюратора, который не может быстро приспособиваться к изменяющемуся режиму работы двигателя и тем самым не обеспечивает приготовление рабочей смеси надлежащего качества. Это и является одной из причин того, что приемистость автомобиля ГАЗ-42 при разгоне на низших передачах как на бензине, так и на генераторном газе, практически получается одинаковой (рис. 45 и 46).

Остановимся на второй причине, обуславливающей одинаковую приемистость автомобиля ГАЗ-42 на низших передачах на газе и на бензине.

Необходимо отметить, что приемистость газогенераторного автомобиля в значительной мере зависит от объема системы охлаждения и очистки газа. Последнее подтверждается рядом опытов и, в частности, результатами испытаний автомобиля ГАЗ-АА с установкой НАТИ-11 (опыты НАТИ рис. 16 и 18) и автомобиля ГАЗ-42 с установкой НАТИ Г-14 (опыты автора, рис. 43 и 45).

На рис. 55 дана мощность на ведущих колесах автомобилей ГАЗ-42 и ГАЗ-АА НАТИ-11, полученная в результате обработки данных испытаний автомобилей на газе на прямой передаче при стандартном передаточном числе главной передачи — 6,6. Из этого рисунка видно, что при движении автомобиля ГАЗ-42 на прямой передаче его двигатель, питаемый газом от установки НАТИ Г-14 на малых и больших скоростях движения, развивает большую мощность, чем двигатель с газогенератором НАТИ-11 и несколько меньшую мощность при движении на средних скоростях. Однако разница в мощ-

ностях получается незначительной, и оба автомобиля при движении на прямой передаче обладают примерно одинаковой приемистостью (рис. 16 и 43).

Сравнение кривых пути разгона автомобилей ГАЗ-42 и ГАЗ-АА НАТИ-11 на передачах (рис. 18 и 45), показывает, что приемистость автомобиля ГАЗ-АА НАТИ-11 на передачах значительно хуже, чем на бензине, а у автомобиля ГАЗ-42 она получается одинаковой с бензиновым автомобилем.

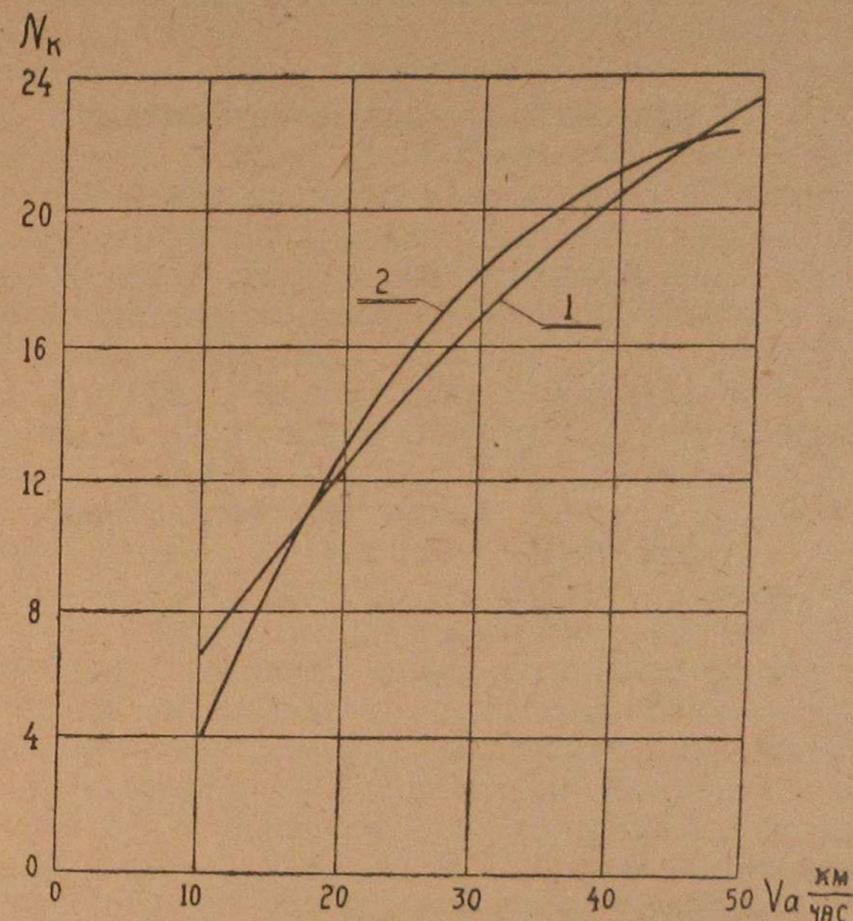


Рис. 55. Мощность на ведущих колесах автомобилей ГАЗ-42 и ГАЗ-АА НАТИ-11 (передаточное число главной передачи у обоих автомобилей—6,6).

1—автомобиль ГАЗ-42 (опыты автора).  
2—автомобиль ГАЗ-АА НАТИ-11 (опыты НАТИ).

В чем же заключается причина того, что приемистость автомобиля ГАЗ-42 при разгоне на передачах до скорости 30 — 35 км/час значительно лучше, чем у автомобиля ГАЗ-АА НАТИ-11? Основная причина, по нашему мнению, лежит в том, что объем системы охлаждения и очистки газа в установке НАТИ Г-14 почти в два раза больше, чем в установке НАТИ-11.

Система же охладителей и очистителей представляет по существу газгольдер, который наряду с газогенератором питает двигатель газом в начале разгона автомобиля, когда в газогенераторе еще недостаточно интенсивно образуется газ. Поэтому, чем больше емкость охладителей и очистителей, тем лучше будет приемистость автомобиля на газе; и при достаточно развитой по объему системе охлаждения и очистки приемистость автомобиля на газе может значительно приближаться к приемистости автомобиля на бензине.

### Максимальная скорость автомобиля

Для определения максимальной скорости автомобиля ГАЗ-42 обратимся к динамической характеристике автомобиля на прямой передаче, представленной на рис. 41. Если на графике динамической характеристики провести горизонтальную прямую, отстоящую от оси абсцисс на расстоянии  $f$ , то пересечение этой прямой с кривой динамического фактора даст ту максимальную скорость, которую автомобиль может иметь при движении по данной дороге. Значение максимальной скорости в точке пересечения прямой с кривой динамического фактора обуславливается отсутствием ускорения при этой скорости движения.

Задав коэффициент качения  $f = 0,02$  (что соответствует гудронированному шоссе среднего качества) по динамической характеристике определяется максимальная скорость движения автомобиля. При работе двигателя на бензине она составляет 68 км/час, а на газе — 58 км/час при передаточном числе главной передачи — 6,6 и 60 км/час при передаточном числе — 7,5.

Большее значение максимальной скорости при передаточном числе главной передачи — 7,5, чем при — 6,6 указывает на то, что пересечение кривой суммарной мощности  $N_f + N_w$  с кривой мощности  $N_k$  подведенной к ведущим колесам автомобиля, происходит до максимального значения последней. Это лишний раз подтверждает правильность вывода, сделанного нами относительно необходимости увеличения передаточного числа главной передачи автомобиля ГАЗ-42 с 6,6 до 7,5—8,0.

При испытании автомобиля ГАЗ-42 в дорожных условиях максимальная скорость на бензине получилась 61 км/час, а на газе (при обеих главных передачах) — 50 км/час. При дальнейшем разгоне, несмотря на некоторый запас динамического фактора, скорость автомобиля становится неустойчивой. Скрытые неровности дороги дают то приращение скорости, то снижение ее.

Обороты двигателя, соответствующие максимальным скоростям движения автомобиля, получаются следующие:

на бензине при $i_0 = 6,6$	$V_a = 61$ км/час	$n = 2\ 680$ об/мин.;
на газе при $i_0 = 6,6$	$V_a = 50$ км/час	$n = 2\ 200$ об/мин.;
на газе при $i_0 = 7,5$	$V_a = 50$ км/час	$n = 2\ 500$ об/мин.

Характер изменения динамического фактора на газе при различных передаточных числах главной передачи показывает, что с увеличением скорости движения автомобиля разница в значениях динамического фактора постепенно уменьшается.

С увеличением скорости движения автомобиля уменьшение динамического фактора при передаточном числе главной передачи — 7,5 происходит более резко чем при — 6,6. Причиной указанного явления, по нашему мнению, является следующее: во время разгона автомобиля при одинаковой скорости движения обороты двигателя при передаточном числе — 7,5 на 13,5% больше, чем при передаточном числе — 6,6. Следовательно, в первом случае отсос газа из газогенератора происходит более интенсивно, чем во втором, газ получается лучшего качества, и двигатель развивает большую мощность. С увеличением скорости движения, или, что все равно, оборотов двигателя влияние повышенных оборотов двигателя при передаточном числе главной передачи — 7,5 в меньшей степени сказывается на увеличении интенсивности газообразования в газогенераторе. Вследствие чего, по мере увеличения оборотов двигателя, разница в газопроизводительности газогенератора при различных значениях передаточного числа главной передачи постепенно уменьшается.

### Минимальная устойчивая скорость автомобиля на прямой передаче

Минимальная устойчивая скорость движения является важным показателем для оценки динамических качеств автомобиля. Низкая минимальная скорость во многих случаях устраняет необходимость перехода с прямой передачи на низшие передачи и дает возможность двигателю работать при меньших числах оборотов. При всех прочих равных условиях автомобиль, обладающий меньшей минимальной скоростью, будет иметь лучшую экономичность и меньший износ деталей двигателя.

Автомобиль ГАЗ-42 при работе двигателя на газе имеет минимальную устойчивую скорость движения около 8 км/час.

Следует отметить, что продолжительность движения у газогенераторного автомобиля с минимальной скоростью ограни-

чена условиями работы газогенераторной установки. При длительной работе двигателя на малых оборотах процесс газообразования ухудшается, и дальнейшее движение автомобиля становится затруднительным. Однако серьезным минусом при оценке тяговых качеств автомобиля это служить не может. Испытания показывают, что газогенераторный автомобиль ГАЗ-42 с минимальной скоростью может идти на протяжении 500—700 м. В нормальных же эксплуатационных условиях движение автомобиля на прямой передаче при пониженной скорости близкой к минимальной происходит обычно кратковременно и путь, проходимый автомобилем, при этом, в большинстве случаев, получается значительно меньше.

### Заключение

1. Увеличение передаточного числа главной передачи автомобиля ГАЗ-42 с 6,6 до 7,5 улучшает его динамические качества. Однако и при увеличенном передаточном числе главной передачи они все же ниже, чем у бензинового автомобиля ГАЗ-АА. Поэтому автомобиль ГАЗ-42 нуждается в ряде дополнительных конструктивных изменений как в двигателе, так и в шасси, направленных на повышение его динамических качеств. Наивыгоднейшим передаточным числом главной передачи следует признать передаточное число, лежащее в пределах 7,5 — 8,0.

2. Приемистость автомобиля ГАЗ-42 на прямой передаче на генераторном газе значительно хуже, чем на бензине. Понижение приемистости автомобиля на газе следует объяснить тем, что газогенератор не может быстро приспособиться к увеличенному отбору газа. Приемистость автомобиля при разгоне на низших передачах до скорости 30 км/час получается практически одинаковой как на бензине, так и на газе.

3. В отличие от бензинового автомобиля, тяговые качества газогенераторного автомобиля зависят не только от двигателя и передаточных чисел трансмиссии, но и от газогенератора. Поэтому одной из особенностей эксплуатации газогенераторного автомобиля является необходимость сочетания работы двигателя с работой газогенератора.

### Перечень использованной литературы

- Академик Е. А. Чудаков, Теория автомобиля, ОНТИ, 1935 г.  
В. П. Карпов и Н. П. Фокин, Автотранспортные газогенераторные установки (теория и конструкции), издательство Наркомхоза, 1938 г.  
Инж. В. М. Володин, Испытания газогенераторных автомобилей и тракторов, Гостранстехиздат, 1938 г.  
Г. Кюнэ и Ф. Кох, Испытания автомобильных газогенераторов (перевод с немецкого).  
Инж. А. А. Введенский, Советские газогенераторные автомобили, 1936 г.  
А. Г. Членов, Современные газогенераторы, ОНТИ, 1934 г.  
Н. П. Вознесенский, Легкие газогенераторы, ОНТИ, 1938 г.  
Проф. Сороко-Новицкий, Испытание автомобильных двигателей.  
Проф. Брилинг, Двигатели внутреннего сгорания, 1935 г.  
П. Г. Лузин, Справочник по топливу и топливосжиганию, 1938 г.  
Б. Р. Ребок, Материалы по изучению влияния свойств твердого топлива на качество силового газа транспортных газогенераторов, Госэнергоиздат, 1932 г.  
П. П. Москвин, Зависимость работы автотракторных газогенераторов от свойств дровяного топлива, „Автомобильный мотор“, сборник третий, 1939 г.  
Технический отчет о всесоюзном пробеге грузовых газогенераторных автомобилей, 1938 г., части I и II.  
Б. П. Прошачков, Транспортные газогенераторы на антраците, „Автомобильный мотор“, сборник третий, 1939 г.  
Отчет по государственным испытаниям автомобилей, работающих на антраците, сентябрь—декабрь 1939 г., части I и II.  
И. В. Карачан и А. А. Введенский, Газогенераторы на автомобилях и тракторах, Жургазобъединение, 1934 г.  
Финкбейнер, Применение твердых горючих в качестве источника энергии для автомашин. ATZ, № 15, 1935 г.  
Штромменгер, Технические и экономические предпосылки работы автомобилей на твердых и газообразных топливах, „ATZ“, № 23, 1936 г.  
Е. Юсти, „Forschung Inden Wesens“ № 6, 1935 г.  
Инж. Тельц, Kraftwagen-Sauggaserzeuger fur Holz und Holzkohle.  
Помимо перечисленной литературы, автором использованы технические отчеты по работам газогенераторного отдела НАТИ за 1936—1939 г.г., а также журнальные статьи, помещенные в журналах „Мотор“ и „Автотракторное дело“ за 1936—1939 г.г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.  
3

Введение . . . . .

### ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

#### ДИНАМИКА ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО АВТОМОБИЛЯ

Причины снижения динамических качеств газогенераторного автомобиля по сравнению с бензиновым . . . . .	12
Способы улучшения динамики газогенераторного автомобиля . . . . .	19
Компенсация падения мощности двигателя при переводе с бензина на газ . . . . .	19
Повышение степени сжатия . . . . .	22
Изменения в системе распределения . . . . .	41
Присадка к газу жидкого топлива . . . . .	44
Наддув газовой смеси в двигатель . . . . .	52
Влияние различных сортов топлива на мощность двигателя . . . . .	54
Изменение передаточных чисел трансмиссии . . . . .	62
Главная передача . . . . .	62
Коробка передач . . . . .	70
Уменьшение мертвого веса и полезной нагрузки автомобиля . . . . .	71
Заключение . . . . .	72

### ЧАСТЬ ВТОРАЯ

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ АТОМОБИЛЯ ГАЗ-42 НА БЕНЗИНЕ И НА ГАЗЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ЧИСЛАХ ГЛАВНОЙ ПЕРЕДАЧИ (опыты автора)

Задачи и условия испытания . . . . .	74
Основные данные об испытуемом автомобиле ГАЗ-42 . . . . .	76
Изменения в конструкции автомобиля ГАЗ-42 при переводе его с бензина на газ . . . . .	76
Схема газогенераторной установки НАТИ Г-14 . . . . .	76
Основные данные о газогенераторной установке НАТИ Г-14 . . . . .	78
Результаты испытаний . . . . .	80
Мощность и тяга на ведущих колесах автомобиля . . . . .	80
Динамическая характеристика автомобиля . . . . .	81
Ускорение автомобиля на прямой передаче . . . . .	84
Путь и время разгона автомобиля . . . . .	85
Максимальная скорость автомобиля . . . . .	100
Минимальная устойчивая скорость автомобиля на прямой передаче . . . . .	101
Заключение . . . . .	102
Перечень использованной литературы . . . . .	103