

МИНИСТЕРСТВО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА РСФСР

Центральный научно-исследовательский институт  
автомобильного транспорта

Ц Н И И А Т

К 171  
157

Л. А. БРОНШТЕЙН и Б. Ф. НАЙДЕНОВ

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ПРИМЕНЕНИЯ МЕСТНЫХ ВИДОВ  
ТОПЛИВА НА АВТОТРАНСПОРТЕ**



МИНИСТЕРСТВО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА РСФСР

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

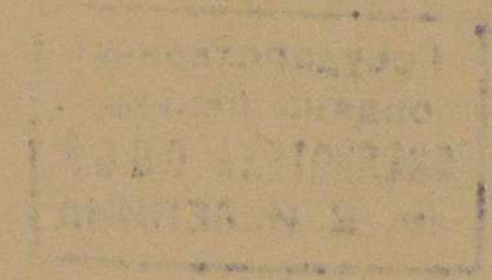
(ЦНИИАТ)

К 171  
157

Л. А. БРОНШТЕЙН и Б. Ф. НАЙДЕНОВ

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ПРИМЕНЕНИЯ МЕСТНЫХ ВИДОВ  
ТОПЛИВА НА АВТОТРАНСПОРТЕ

Под редакцией  
члена-корреспондента Академии наук СССР  
А. Б. ЧЕРНЫШЕВА



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МИНИСТЕРСТВА КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РСФСР

Москва

1948

Ленинград

МИНИСТЕРСТВО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА РСФСР

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА  
(ЦНИИАТ)

К 171  
157

Л. А. БРОНШТЕЙН и Б. Ф. НАЙДЕНОВ

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ПРИМЕНЕНИЯ МЕСТНЫХ ВИДОВ  
ТОПЛИВА НА АВТОТРАНСПОРТЕ

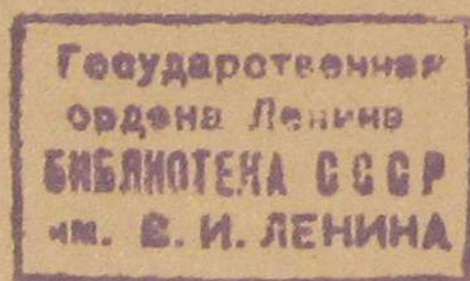
О П Е Ч А Т К И

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
5	2 — 1 снизу	министерства и ведомства	министерств и ведомств
122	Табл. 100, 8-я графа	$H_m C_n$	$C_m H_n$
123	Табл. 101, 4-я графа, 3-я сверху	99,5	98,8
126	Табл. 104, последняя графа, 2-я снизу	85	95
127	Табл. 105, последняя графа, 7-я снизу	ГАЗ-Г-594, ЗИС-Г-694	ГАЗ-Г-59У, ЗИС-Г-69У
155	22-я сверху	в табл. 124 и 121	в табл. 124 и 125
158	Табл. 126	% к стоимости бензина	% к стоимости бен- зиновых автомобилей
161	После табл. 130, 4-я сверху	в табл. 131	в табл. 131 и 132
163	3-я сверху	топлива, определяются	топлива (табл. 133), определяются
163	7-я сверху	табл. 122 и 121	Табл. 127

„Технико-экономические основы  
применения местных видов топ-  
лива на автотранспорте“.

В книге дается развернутая технико-экономическая характеристика условий и методов, обеспечивающих наибольшую народнохозяйственную эффективность применения на автотранспорте различных видов местного топлива, являющихся полноценными заменителями бензина, устанавливаются требования к отдельным видам газогенераторного и газового топлива и определяется рентабельность их применения на автотранспорте.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников автомобильного транспорта, студентов автодорожных, автомеханических и энергетических вузов.



УДК 62-86560

Редактор М. Л. Иоффе

Техн. редактор Е. Петровская

Л 104425. Сдано в набор 11/II 1948 г. Подписано к печати 28/VIII 1948 г.  
Форм. бум. 60 × 92/16. Печ. л. 11,25. Печ. зн в 1 п. л. 54000  
Учетно-изд. л. 15,8. Заказ 1192. Изд. № 273. Тираж 3000.

Типография Министерства автотранспорта РСФСР.  
Москва, Вокзальная, 10.

## ВВЕДЕНИЕ

СССР обладает огромными энергетическими ресурсами, в том числе самыми различными видами топлива. Почти каждая республика или область располагает местными запасами топлива в виде угля, торфа или древесного топлива. Эти виды твердого топлива, при их соответствии техническим требованиям, могут быть эффективно использованы в газогенераторных автомобилях. Весьма богата наша страна и природным газовым топливом — полноценным и высококачественным заменителем бензина. Однако все эти виды топлива используются на автотранспорте СССР лишь в очень незначительных масштабах, совершенно не соответствующих их роли в общем энергетическом балансе страны.

Нефтяные ресурсы СССР очень велики. По ресурсам нефти СССР занимает первое место в мире. Это позволяет нам обеспечивать непрерывный рост нефтяной промышленности путем разработки новых нефтяных месторождений и интенсификации добычи нефти в старых нефтяных районах.

К концу пятилетки добыча нефти в СССР возрастет до 35,4 млн. т, что на 14% превысит довоенный уровень. При этом удельный вес восточных районов СССР в общей добыче нефти увеличится с 12% в 1940 г. до 36% в 1950 г.

В дальнейшем, как указал товарищ Сталин в своей исторической речи на предвыборном собрании избирателей Сталинского избирательного округа г. Москвы 9 февраля 1946 г.: «Нам нужно добиться того, чтобы наша промышленность могла производить ежегодно . . . до 60 миллионов тонн нефти».

Поэтому основным источником получения моторного топлива и в дальнейшем будет являться нефть, которая используется также для производства других важных продуктов. Однако весьма велико значение производства заменителей нефтяного бензина, поскольку бензин является высокоценным продуктом, экономия которого крайне необходима. К тому же нефтяные ресурсы СССР размещены в ограниченном числе районов, и перевозка нефтепродуктов на огромное расстояние в отдаленные от пунктов добычи и переработки нефти районы сильно загружает железнодорожный транспорт и вызывает большие затраты средств. Поэтому необходимо широко использовать заменители бензина — местные виды газового и твердого топлива. Применение этих заменителей бензина должно способствовать сокращению непроизводительной работы транспорта и обеспечить наиболее эффективное использование местных топливных ресурсов.

В соответствии с этим в законе о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946—1950 гг. указано: «Обеспечить широкое применение в автомобильном транспорте . . . газобаллонных и газогенераторных автомобилей, работающих на местных видах топлива . . . ». Законом о пятилетнем плане предусмотрен выпуск к 1950 г. 500 000 автомобилей и увеличение автопарка страны вдвое по сравнению с довоенным временем. В рамках этого плана предусмотрен перевод значительной части автомобильного парка на местные виды топлива с таким расчетом, чтобы структура автопарка основных экономических районов страны соответствовала структуре их топливно-энергетических ресурсов. При этом автотранспорт должен использовать наиболее качественные виды местного топлива для предотвращения преждевременного выхода автомобильных двигателей из строя.

До последнего времени на автомобильном транспорте из заменителей бензина получила преимущественное распространение как топливо для газогенераторных автомобилей лишь древесная чурка. Такое решение вопроса может быть оправдано при наличии сравнительно небольшого парка газогенераторов и концентрации его в районах, богатых древесиной.

Дальнейший рост автомобильного парка, работающего на заменителях бензина, в большинстве районов страны не может происходить только за счет газогенераторных автомобилей, работающих на древесной чурке. Различие природных условий отдельных районов СССР и необходимость ограничения потребления древесного топлива требуют более глубокого изучения возможностей использования на автомобильном транспорте других видов топлива и установления масштабов возможного и рационального их применения, в зависимости от общей структуры топливных ресурсов СССР и топливно-энергетической характеристики каждого района.

Правильное решение этой задачи требует осуществления районирования автомобильного транспорта по видам потребляемого топлива с таким расчетом, чтобы обеспечить использование отдельных видов топлива газогенераторными и газобаллонными автомобилями, а также автомобилями, работающими на других заменителях бензина, непосредственно на местах производства (добычи) этого топлива и сократить тем самым до минимума перевозки.

Отсутствие значительного опыта по использованию заменителей бензина на отечественном автотранспорте требует предварительного установления технической и экономической целесообразности применения в автомобильных двигателях отдельных видов топлива, в соответствии с их физико-химическими и эксплуатационно-экономическими параметрами. Такой анализ позволит выделить из всех встречающихся в практике топлив «автомобильные» топлива, обеспечивающие эффективную работу автомобильного транспорта.

При производстве сравнительного технико-экономического анализа различных видов топлива исходным положением явилось

то, что успешное применение всех видов топлива на автотранспорте может быть обеспечено лишь при полном соответствии их установленным в настоящей работе техническим требованиям, которые относятся в первую очередь к газогенераторному топливу, весьма разнообразному по своим свойствам.

Суммируя результаты произведенного в настоящей работе анализа различных заменителей нефтяного бензина, можно выделить группу видов топлива, применение которых наиболее целесообразно как по эксплуатационно-техническим, так и по экономическим показателям. На эти виды топлива и следует в первую очередь ориентировать автомобильный парк при решении вопроса о применении заменителей бензина на автотранспорте.

Переводу автомобилей на твердое и газообразное топливо партия и правительство всегда уделяли большое внимание. Еще в 1938 г. наша промышленность начала серийный выпуск газогенераторных автомобилей и добилась серьезных успехов. Эта работа ускорила после указания XVIII съезда ВКП(б) о переводе на газогенераторное топливо автопарка, занятого на лесозаготовках, и значительной части парка сельского хозяйства. Великая Отечественная война потребовала еще более широкого внедрения газогенераторных автомобилей в народное хозяйство СССР.

По масштабам производства и техническому уровню газогенераторостроения наша страна уже до войны занимала одно из первых мест в мире.

В соответствии с указанием закона о послевоенном пятилетнем плане заводы автомобильной промышленности должны освоить массовый выпуск новых, более совершенных конструкций газогенераторных и газобаллонных автомобилей. Это создаст необходимые предпосылки для дальнейшего развития газогенераторного и газобаллонного автотранспорта в нашей стране.

В настоящей работе, выполненной ЦНИИАТ, дана развернутая технико-экономическая оценка условий и методов, обеспечивающих наибольшую народнохозяйственную эффективность применения на автотранспорте различных видов местного топлива, являющихся полноценными заменителями бензина.

При составлении работы были использованы материалы научно-исследовательских и проектных организаций (НАТИ, НАМИ, ЦНИИАТ, ЦНИИМЭ, ЦНИЛХИ, ВНИГИ), министерства и ведомства, а также указанная в конце книги литература.

## Глава I

### КРАТКИЙ ОЧЕРК РАЗВИТИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО АВТОТРАНСПОРТА

Использование газообразного топлива — генераторного газа, получаемого путем газификации твердого топлива, впервые нашло применение в промышленности (главным образом в металлургии) более 100 лет назад. Однако применение генераторного газа для автомобилей началось гораздо позже. Начало автомобильного газогенераторостроения в СССР положено проф. В. С. Наумовым, создавшим в 1921 г. установку У-1 для угольного топлива. Эта установка постепенно совершенствовалась. Установки У-5 и У-6 для ГАЗ-АА применялись в 1934—1935 гг. на лесовывозках в Ленинградской области.

Вторым конструктором отечественных газогенераторных установок для автомобилей и тракторов был С. Н. Декаленков, создавший серию установок «Пионер», работавших на древесных чурках.

В дальнейшем к созданию газогенераторных установок приступают Всесоюзный научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства (ВИМЭСХ), Центральный научно-исследовательский институт механизации и энергетики лесной промышленности (ЦНИИМЭ), общество Автодор, Ленинградский индустриальный институт, Ленинградская лесотехническая академия имени С. М. Кирова, Газогенераторстрой, Центральный научно-исследовательский институт автомобильного транспорта (ЦНИИАТ), Ростовский машиностроительный институт, Институт торфа Белорусской Академии наук, автозаводы ЗИС и ГАЗ и крупнейший в СССР научный институт в области автотракторостроения НАТИ (ныне НАМИ). Одновременно с проектированием и конструированием новых установок решались важнейшие вопросы теоретического порядка.

Таким образом, практика отечественного газогенераторостроения для автомобилей и тракторов насчитывает всего около 25 лет.

До 1935 г. выпуск газогенераторов в СССР не был массовым; выпускались единичные опытные экземпляры. Перелом в этой области произошел после постановления ЦК ВКП(б) и СНК СССР от 19 января 1935 г., в котором отмечалась необходимость широкого применения на лесозаготовках газогенераторных автомобилей и тракторов.

Постановлением СНК СССР от 11 марта 1936 г. на ряд заводов было возложено производство газогенераторов, а на заводы ЗИС, ГАЗ, ЧТЗ — оборудование выпускаемых автомобилей и тракторов газогенераторными установками.

Новый этап в отечественном газогенераторостроении для автомобилей и тракторов связан с постановлением СНК СССР от 28 февраля 1938 г., по которому увеличивался выпуск газогенераторных автомобилей и тракторов, а также расширялась производственная база для их выпуска. 1938 год стал годом генеральной проверки качества советских газогенераторных автомобилей и тракторов, определения надежности их конструкций и эксплуатационных показателей. Испытания и пробеги в научно-исследовательских организациях и государственные испытания в большом пробеге 1938 г. дали возможность отобрать лучшие конструкции для серийного производства.

За 10 лет выпуска и эксплуатации газогенераторных автомобилей в СССР были выработаны типовые модели автомобилей, работающих на древесных чурках: ГАЗ-14-42 и ЗИС-13-21. Это создало предпосылки для широкого внедрения газогенераторных автомобилей в народное хозяйство.

К началу войны численность парка газогенераторных автомобилей в СССР составляла около 5% парка грузовых автомобилей. В период войны парк газогенераторных автомобилей в СССР продолжал расти, и удельный вес его в общем составе грузового автотранспорта повышался.

В соответствии с законом о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946—1950 гг. газогенераторные автомобили будут и в дальнейшем занимать в автопарке СССР заметное место.

В капиталистических государствах газогенераторные автомобили получили значительное распространение во время второй мировой войны. За время с 1938 по 1944 г. мировой парк газогенераторных автомобилей увеличился почти в 80 раз.

Всего, по имеющимся данным, в 1944 г. автомобильный парк мира насчитывал около 800 тыс. газогенераторных автомобилей. Большинство автомобилей было переоборудовано из бензиновых и эксплуатировалось на газогенераторных установках временно — до получения возможности перевода вновь на питание бензином. Таким образом, значительный рост числа автомобилей с газогенераторными установками в капиталистических странах в течение второй мировой войны определялся в основном временными факторами, вызванными военной обстановкой.

Окончание войны привело к резкому сокращению парка газогенераторных автомобилей почти во всех капиталистических странах.

В отличие от капиталистических стран, где применение заменителей нефтяного бензина на автомобильном транспорте диктуется коммерческими и конъюнктурными соображениями, в СССР вопрос о переводе части автопарка на заменители бензина дол-

жен решаться на основе принципов планового социалистического хозяйства. Огромный рост автопарка страны требует обеспечения его топливом в организованном, плановом порядке, с учетом перспектив роста как автомобильного парка, так и топливной промышленности.

Развитие газогенераторного парка в СССР может базироваться на использовании следующих основных видов топлива:

- 1) древесные чурки,
- 2) древесный уголь,
- 3) древесноугольные брикеты,
- 4) торф и торфобрикеты,
- 5) торфяной кокс,
- 6) бурый уголь,
- 7) каменный уголь,
- 8) антрацит,
- 9) каменноугольные кокс, полукокс и брикеты,
- 10) отходы сельского и лесного хозяйства.

Все эти топлива различны по своим физическим и химическим свойствам. Для их газификации в автомобильных газогенераторах необходимы различные, приспособленные для этих топлив, газогенераторные установки. У нас же пока практически освоены и применяются в качестве газогенераторного топлива для автомобилей только древесная чурка, древесный уголь и в незначительном количестве бурый уголь. Важность и объем задачи по применению перечисленных видов топлива на автотранспорте требуют определения параметров топлив, пригодных для использования в автомобильных газогенераторах, по их видам и месторождениям.

Это определение может быть осуществлено лишь на основе изучения свойств каждого из видов топлива и обобщения опыта их газификации в автомобильных газогенераторах с целью установления требований, которым должно удовлетворять автомобильное газогенераторное топливо. Выполнению этой задачи и посвящена основная часть данной работы. При этом требования к отдельным видам топлива, приведенные ниже, носят характер средних величин и требуют уточнения в процессе дальнейших испытаний.

## Глава 2

### ОСОБЕННОСТИ ГАЗИФИКАЦИИ ТОПЛИВ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРАХ И ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ГАЗОГЕНЕРАТОРНОМУ ТОПЛИВУ

Обычно газогенераторами оборудуются стандартные автомобили с двигателем внутреннего сгорания. Чаше всего такому переоборудованию подвергаются автомобили с карбюраторными двигателями, так как они требуют более дефицитного и дорогостоящего горючего (бензина), чем двигатели Дизеля, работающие с хорошими экономическими показателями на более дешевом

(примерно в четыре раза) топливе — соляровом масле. Замена бензина генераторным газом требует сохранения эксплуатационных и динамических параметров автомобиля, работающего на бензине. Обычно при переводе на генераторный газ теряется от 30 до 60% мощности двигателя — главным образом вследствие замены одного вида топлива другим без производства необходимых серьезных изменений в конструкции автомобиля. Эффективное использование генераторного газа требует специально приспособленного для него двигателя. Даже незначительные переделки в двигателе и других агрегатах автомобиля позволяют уменьшить потерю тягового усилия при переводе на газ до 10—30%.

Очень важно также получение газа достаточно высокой теплотворности, с наибольшим содержанием горючих компонентов, хорошо очищенного от химических и механических примесей, вредно влияющих как на газогенераторную установку, так и на двигатель автомобиля. Удовлетворительное решение этого вопроса сравнительно легко достигается в стационарных газогенераторах, однако смонтировать такой газогенератор на автомобиле невозможно вследствие его габаритов и веса. Отсюда вытекают два требования, предъявляемые к автомобильным газогенераторам и необходимые для сохранения эксплуатационных качеств автомобиля: 1) газогенератор со всеми приданными ему вспомогательными аппаратами и приборами должен иметь небольшие размеры и малый вес и 2) он должен обеспечивать производство газа соответствующего качества и в нужном для нормальной работы двигателя количестве, потребляя при этом минимальное количество топлива. Таким образом, газогенератор должен быть высокопроизводительным и устойчиво работать на различных режимах. В связи с этими требованиями интенсивность газификации топлива в автомобильных генераторах должна быть в 4—5 раз выше, чем в стационарных установках. Требование уменьшения веса ограничивает возможности накопления в зольнике генератора шлаков и золы и обуславливает нежелательность применения футеровки. В случае же применения футеровки к ней предъявляются очень высокие требования. Система очистки газа должна при небольших габаритах и весе обеспечивать хорошую очистку газа от пыли и других механических примесей и достаточное охлаждение его перед поступлением в двигатель.

Из всего сказанного вытекает чрезвычайно жесткое требование к конструкциям автомобильных газогенераторов, процессу газификации и топливу. Не всякое топливо может быть использовано в автомобильных газогенераторах для получения генераторного газа нужного качества. Топливо должно обладать высокими физико-химическими свойствами, быть малозольным и иметь однородную крупность. Оно не должно содержать вредных примесей, разрушающе действующих на газогенератор, газопроводы или двигатель. Кроме того, топливо должно быть транспортабельным и обеспечивать возможно больший пробег работающего на нем автомобиля.

ЕСТЕСТВЕННАЯ КЛАССИФИКА

Возраст	Класс I	Класс II
	<b>Сапропелиты:</b> в органической массе 8—10% водорода; не содержат смол, восков и гуминовых кислот, содержат органические кислоты и их ангидриды; дают высокий выход первичного дегтя, не содержащего фенолов, асфальтенов и селикагелевых смол; остаточный уголь спекается и вспучивается	<b>Гумусовые угли:</b> рыхлые бурые или блестящие твердые, черного цвета вещества; содержат воски, смолы и гуминовые кислоты или углеводороды, смолы и гумиты; дают первичный деготь, содержащий асфальтены, смолы и много фенолов (35—50%); содержание водорода в органической массе не более 5%; остаточный уголь не спекается
А. Торфы	<b>Сапропелитовые торфы:</b> резиноподобная масса, содержащая альги, хлорофилл и много растворимых кислот (куронгит и балхашит)	<b>Сухие торфы:</b> светлорбурая рыхлая масса, состоящая из гуминовых кислот и содержащая воски, смолы и форменные элементы растений (листья, хвою, древесину)
Б. Бурые угли	<p><b>1. Богхеды:</b> сапропелиты, содержащие остатки альг и не содержащие или почти не содержащие спор:</p> <p>а) Богхеды плотные — дают раковистый излом, содержат мало экстрагируемых веществ (2-4%)</p> <p>б) Богхеды слоистые — многозольные, легко расщепляются, содержат много экстрагируемых веществ (10—15%)</p> <p><b>2. Кеннельские сапропелиты:</b> в основной сапропелитовой массе содержат остатки альг и много спор (мега и микро)</p> <p><b>3. Масляные сланцы:</b> плотные богхеды, содержащие включение нейтральных масел, сходных с нефтью</p>	<p><b>1. Бурые угли:</b> светло- и черно-бурая масса, содержащая гуминовые кислоты, гуматы, воски, смолы и иногда гумиты:</p> <p>а) Битуминозные бурые угли — содержат извлекаемого спиртобензолом битума больше 10%</p> <p>б) Перегонные бурые угли — содержат битума от 5 до 10%</p> <p>в) Тощие бурые угли — содержат битума меньше 5%</p> <p><b>2. Гумусовые кеннели:</b> содержат много спор в основной гумусовой массе и дают высокий выход дегтя (15—20%)</p>
В. Каменные угли		<p><b>1. Каменные угли:</b> без блеска (матовые); содержат смолы, углеводороды и гумиты, не содержат гуминовых кислот, плохо спекаются</p> <p>а) Битуминозные угли — выход первичного дегтя не менее 5%; содержание водорода не менее 4,5%</p> <p>б) Тощие угли — выход первичного дегтя меньше 5%; содержание водорода от 3 до 4%</p> <p>в) Фузитовые угли — преобладает фузит</p> <p><b>2. Антрацит</b> — содержит водорода не более 2%</p>

ЦИЯ ИСКУПАЕМЫХ УГЛЕЙ

Таблица 1

Класс III	Класс IV
<b>Смешанные сапропелито-гумусовые угли:</b> преобладает сапропелитовая часть; содержат гуминовые кислоты или гумиты, неполимеризованные и полимеризованные, жирные кислоты и продукты их декарбоксилирования; содержащие карбоновые кислоты, мало смол, асфальтенов и фенолов (5,18%); первичный газ богат метаном (60—70%); остаточный уголь спекается	<b>Смешанные гумусово-сапропелитовые угли:</b> преобладает гумусовая часть; содержат много гумусовых кислот или гумитов, смолы, воски и углеводороды; дают порошкообразный полукокс и первичные дегти, содержащие значительные количества асфальтенов, смол и фенолов (18—30%); остаточный уголь не спекается
<b>Болотные сапропелиты:</b> содержат остатки неразложившихся растений в сапропелито-гумусовой основной массе, заключающей много растворимых жирных кислот и их солей	<b>Болотные торфы:</b> состоят из сильно оводненных, набухших гуминовых кислот, смол, восков, жирных кислот и их полимеров; содержат форменные элементы растений
<p><b>1. Гумусовые богхеды:</b> плотные образования, содержащие растворимые в водной щелочи гуминовые кислоты и сильно кислые битумы</p> <p><b>2. Сапропелито-гумусовые угли:</b> черно-бурые с раковистым изломом или явно заметной штриховатостью</p> <p>а) Витритовые угли — блестящие, пекоподобные, с раковистым изломом</p> <p>б) Полосчатые угли — преобладает витрит, без фузита.</p>	<p><b>Бурые угли:</b> рыхлые или плотные образования, содержащие извлекаемые водной щелочью гуминовые кислоты:</p> <p>а) Битуминозные (витритовые) угли — плотные образования почти черного цвета, дающие 5—8% битума и до 15% первичного дегтя</p> <p>б) Тощие угли — мало плотные бурого цвета образования, дающие 2—3% битума и низкий выход первичного дегтя</p>
<b>Каменные угли:</b> черные, блестящие, содержащие мало экстрагируемых веществ и дающие хорошо оплавленный и вспученный полукокс.	<b>1. Каменные угли:</b> не содержат гуминовых кислот; дают ничтожный выход дегтя:
а) Витритовые угли — блестящие, пекоподобные, дающие раковистый излом	а) Витритовые угли — блестящие с раковистым изломом; фузита не содержат или почти не содержат
б) Плосчатые угли — преобладает витрит, фузит отсутствует или почти отсутствует	б) Полосчатые угли — содержат малое количество витрита, гумусового дурита и фузита
	в) Фузитовые угли — преобладает фузит
	<b>2. Антрациты:</b> содержат не более 2% водорода



Таковы общие принципиальные положения, определяющие требования, предъявляемые к транспортным газогенераторам в отличие от стационарных. Так как эти требования являются основными, определяющими конструкцию газогенератора и качество применяемого в нем топлива, они должны быть рассмотрены более подробно, применительно к каждому виду топлива. Это выполнено в последующих главах; в настоящей же главе дано определение общих требований к газогенераторному топливу.

Большое многообразие естественных топлив вызвало необходимость их классификации для научных и технических надобностей. По естественной классификации ископаемых углей все угли распределяются по образующим (классы) и степени изменения их органической массы, т. е. химическому возрасту (табл. 1). Эта характеристика углей позволяет значительно облегчить определение пригодности ископаемого топлива для газификации.

Искусственное твердое топливо представляет собой естественное твердое топливо, переработанное в целях более полного и рационального его использования. Переработка может быть механической, термической или сочетать оба эти метода. В первом случае переработке подвергается главным образом мелкозернистое топливо, из которого путем прессования с добавкой связующих веществ (или без них) получают брикеты, являющиеся более совершенным топливом, чем послужившая для их изготовления мелочь. Во втором случае получают кокс или полукокс (а из древесины — уголь), являющиеся твердым остатком высоко- или низкотемпературной перегонки топлива. К третьему способу переработки топлива может быть отнесено производство брикетов из кокса или полукокса и изготовление брикетов из других материалов (соломы, опилок и т. д.) с предварительным или последующим их нагревом (термобрикеты или экзобрикеты).

Состав и качество искусственного топлива зависят от примененного для его изготовления сырья и от способа производства.

Всякое топливо обладает рядом физико-химических свойств, изучение и анализ которых позволяют определить пригодность и рациональность его использования в заданном направлении, а также установить границы этих свойств, при которых использование топлива (в данном случае газификация) является еще технически возможным и экономически выгодным.

При решении вопроса о возможности и рентабельности применения различных твердых топлив для автомобильных газогенераторов авторы настоящей работы исходили из следующих методологических предпосылок для сравнительной оценки топлив:

- 1) возможности газификации топлива по его физико-химическим свойствам;
- 2) возможности применения топлива по его географической распространенности, ресурсам и перспективам добычи или производства;
- 3) анализа имеющегося опыта по применению рассматриваемого

топлива на автотранспорте, определяющего эксплуатационную характеристику газогенераторного автомобиля;

4) экономической рентабельности замены нефтяного бензина различными твердыми топливами по комплексу показателей, позволяющих наиболее всесторонне определить рациональность такой замены.

Общие требования к топливу для автомобильных газогенераторов могут быть сведены к следующим:

- 1) достаточная распространенность, оправдывающая применение топлива в газогенераторах;
- 2) невысокая стоимость по сравнению со стандартным бензином;
- 3) высокая теплотворность, обеспечивающая большой радиус действия автомобиля;
- 4) высокая реакционная способность, обеспечивающая быстрый розжиг газогенератора, высокую интенсивность и устойчивость процесса газификации;
- 5) невысокое содержание влаги и низкая степень гигроскопичности;
- 6) малая зольность;
- 7) содержание серы не выше допустимого;
- 8) достаточная механическая прочность, позволяющая транспортировать, хранить и использовать топливо без затруднений и значительных отходов;
- 9) возможно большая однородность кусков по размерам и качеству;
- 10) большой насыпной вес.

Эти общие требования в дальнейшем дифференцированы по отдельным видам топлива, которые могут быть использованы в автомобильных газогенераторах.

### Глава 3

#### ДРЕВЕСНЫЕ ЧУРКИ, КАК АВТОМОБИЛЬНОЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЕ ТОПЛИВО

Древесная чурка является наиболее распространенным видом газогенераторного топлива.

Освоенность этого вида топлива и значительный опыт эксплуатации на нем газогенераторных автомобилей позволяют при характеристике древесной чурки ограничиться лишь основными выводами из проведенных ранее работ.

Для заготовки чурок используются древесина, идущая на заготовку дров, и частично отходы лесного хозяйства.

Леса на территории СССР распределены неравномерно. Большая часть их расположена в северной и северо-восточной части РСФСР и в Карело-Финской ССР. Леса других республик невелики и дают весьма небольшой выход древесины, из которой возможна заготовка газогенераторной чурки. Поэтому газогенераторный ав-

топарк, работающий на древесном топливе, необходимо развивать в районах Сибири, Дальнего Востока, Урала, северных областей Европейской части РСФСР и в Карело-Финской ССР, наиболее богатых лесами и могущих обеспечить достаточное количество газогенераторного топлива.

Проведенные исследования и анализ различных пород древесины показали, что:

1) по элементарному составу и теплотворности органической массы разница между различными породами древесины очень невелика, однако качество их как газогенераторного топлива различно;

2) древесина имеет очень большое количество летучих (82—88%);

3) содержание влаги в свежесрубленном дереве велико (40—80%), и для использования его в газогенераторах требуется подсушка;

4) зольность древесного топлива мала.

Таким образом, основными свойствами древесины, затрудняющими использование ее в транспортных газогенераторах, является большое содержание влаги и летучих.

Многочисленными опытами в лабораториях и наблюдениями над эксплуатационными автомобилями установлено оптимальное содержание влаги в газогенераторной чурке в размере 18—20%. Свежесрубленное дерево имеет влажность не менее 50%; чурка, готовая к употреблению в газогенераторных автомобилях, должна иметь влажность не более 20%. Повышение влажности сверх этих пределов нарушает нормальную эксплуатацию газогенераторного автомобиля, так как:

а) при увеличении влажности топлива ухудшается качество генераторного газа и падает мощность двигателя. Это наглядно иллюстрируют опыты Ленинградской лесотехнической академии имени С. М. Кирова по определению падения мощности двигателя в зависимости от влажности чурок (табл. 2).

Таблица 2

Влажность топлива, %	13	18	23	30	38
Эффективная мощность двигателя, л. с. . . . .	42	40	36	32	28

Таким образом, при увеличении влажности в 2,92 раза мощность двигателя понизилась на 33%. Учитывая, что при работе на генераторном газе обычный бензиновый двигатель теряет от 20 до 40% своей мощности, такая дополнительная потеря его мощности недопустима;

б) увеличение влажности топлива повышает его вес. Так, при увеличении влажности с 20 до 50% вес 1 м<sup>3</sup> древесного топлива увеличивается на 63,3%;

в) избыточная влажность увеличивает расход топлива за счет уменьшения теплотворности газа и интенсивности процесса газификации.

По данным НАТИ, при газификации древесной чурки различной влажности теплотворность газа понижается с 1340 кал/м<sup>3</sup> при влажности в 15% до 1225 кал/м<sup>3</sup> при влажности в 30% и до 839 кал/м<sup>3</sup> при влажности 37%, т. е. на 38%.

Кроме влажности, заметное влияние на теплотворность 1 м<sup>3</sup> древесины оказывает порода дерева. Вследствие неодинаковой плотности древесины разных пород теплотворность их на единицу занимаемого объема колеблется в значительных пределах (табл. 3).

Таблица 3

Порода дерева	Вес 1 м <sup>3</sup> плотной сухой древесины, кг/м <sup>3</sup>	Объем твердого вещества, %	Низшая теплотворность сухой древесины	
			кал/кг	кал/м <sup>3</sup>
Дуб . . . . .	650	43,4	4490	2900.10 <sup>3</sup>
Береза . . . . .	560	37,4	4460	2500.10 <sup>3</sup>
Осина . . . . .	440	28,6	4400	1940.10 <sup>3</sup>
Сосна . . . . .	460	30,7	4560	2100.10 <sup>3</sup>
Ель . . . . .	420	28,0	4500	1900.10 <sup>3</sup>

Твердые породы с более плотной древесиной имеют большую теплотворность на единицу объема. Это особенно важно для автомобильных газогенераторов, так как количеством топлива, содержащимся в единице объема бункера, определяется продолжительность работы автомобиля между заправками его топливом.

Зависимость между породой (теплотворностью) древесины и пробегом автомобиля может быть выражена условно в следующих цифрах. Емкость бункера автомобиля ГАЗ-42 равна 0,125 м<sup>3</sup>, а ЗИС-21 — 0,252 м<sup>3</sup>. По теплотворности топлива различные породы древесины (при влажности 20%) дадут следующий пробег автомобиля в километрах (табл. 4).

Таблица 4

Порода дерева	Возимый запас древесной чурки				Пробег на этом количестве чурки, км		Пробег, %
	ГАЗ-42		ЗИС-21		ГАЗ-42	ЗИС-21	
	кг	тыс. кал.	кг	тыс. кал.			
Дуб . . . . .	44	169,0	88	340,0	73	88	109
Береза . . . . .	40	160,0	81	322,0	67	81	100
Осина . . . . .	35	136,0	70	275,0	58	70	87
Ель . . . . .	29	136,0	58	276,0	48	58	72
Сосна . . . . .	31	135,0	63	272,0	52	63	78

На процесс газификации большое влияние оказывает размерность кусков загружаемого в генератор топлива. Малые куски газифицируются быстрее, так как они имеют большую реакционную поверхность; однако уменьшение размеров кусков не может быть беспредельным, потому что в противном случае возникают дополнительные трудности при их газификации. Очень мелкие куски создают плотный слой топлива, значительно увеличивая сопротивление прохождению через него газового потока в камере газогенератора. Работа автомобильного газогенератора связана со всасывающим действием поршня двигателя, поэтому создание препятствий, уменьшающих скорость газового потока, невыгодно, так как это понижает коэффициент наполнения двигателя.

Проведенные в этой области исследовательские работы показали, что оптимальный размер кусков топлива составляет 8—10% величины диаметра бункера генератора.

Загружаемые в бункер генератора чурки должны быть одного размера. Различные по величине куски топлива создают неустойчивость в работе генератора, так как газификация таких кусков протекает неравномерно с образованием сводов, прогаров и прорыва газов в местах более интенсивного процесса.

Исследования показали, что применимость каждой породы древесины в качестве газогенераторного топлива для автомобилей различна. Поэтому при выборе пород древесины для заготовки древесной чурки надо исходить из следующего.

1. Твердые породы (дуб, бук, береза и т. д.), имеющие большой насыпной вес, обеспечивают больший выход газа и больший радиус действия автомобиля, чем равное по объему количество топлива мягких пород.

2. Твердые породы дают при газификации уголь более прочный, чем мягкие породы. Качество древесного угля имеет большое значение для газогенераторного процесса. Мягкий, крошащийся уголь вызывает увеличение образования мелочи и пыли и нарушает процесс газификации. По имеющимся данным, при газификации мягких пород дерева из-за указанных свойств мощность двигателя снижается на 5—8% по сравнению с мощностью, развиваемой на газе из твердых пород древесины. Вследствие более быстрого выгорания угля мягких пород отбор газа при их использовании на 20% меньше, чем при твердой древесине. Образование мелочи и пыли из угля мягких пород увеличивает засорение очистителей газа, сокращая перерывы между их чистками вдвое, а иногда и больше.

Если прочность березового угля принять за 100%, то угли других пород (выжженные при одинаковых условиях) будут иметь прочность (в процентах):

Сосна	
Осина	58
Ель	46
Пихта	43
	39

Поэтому при заготовке древесного газогенераторного топлива предпочтение должно отдаваться твердым породам, наиболее распространенными представителями которых являются береза и дуб. Из хвойных пород лучшим топливом служит сосна.

Оценивая качества древесной чурки как газогенераторного топлива для автомобилей, можно сделать следующие выводы.

1. Древесной чуркой может быть обеспечен газогенераторный автомобильный парк значительной части СССР, включающий районы севера, центра и северо-востока.

2. Древесная чурка имеет теплотворность на 79% ниже бензина в весовом исчислении (на 1 кг) и на 89% в объемном (на 1 л). Пониженная теплотворность древесной чурки снижает мощность стандартного бензинового двигателя автомобиля на 60—40% (если в конструкцию двигателя не внесено никаких изменений) и ухудшает эксплуатационно-динамические показатели газогенераторного автомобиля.

3. Вследствие высокой реакционной способности древесного угля обеспечивается сравнительно легкий и быстрый розжиг газогенератора и запуск двигателя на генераторном газе.

4. Ввиду высокого содержания влаги в свежесрубленной древесине необходима предварительная ее подсушка, которая требует дополнительных капиталовложений на постройку и эксплуатацию сушилен или значительной затраты времени на естественную сушку на открытом воздухе.

5. Незначительное содержание золы (от 0,7 до 2—3%) и ее тугоплавкость облегчают применение древесной чурки как топлива для газогенераторных автомобилей.

6. Отсутствие серы благоприятствует применению древесной чурки в автомобильных газогенераторах.

7. Значительное содержание летучих, в том числе смол (до 12%), вызывает необходимость газификации древесной чурки по обращенному процессу.

8. Древесина обладает достаточной механической прочностью. Производство чурки требует применения специальных механизмов.

9. Насыпной вес чурки невысок (в среднем 280 кг/м<sup>3</sup>).

10. Лучшим материалом для заготовки чурки являются твердые лиственные породы древесины, а из хвойных пород — сосна; однако практически возможна газификация древесины всех пород (что и предусмотрено ГОСТ на древесную чурку).

Применение чурки из одних хвойных пород не рекомендуется вследствие хрупкости угля и повышенного выхода смолистых веществ. При применении для заготовки чурки древесины, имеющей вес в воздушно-сухом состоянии менее 400 кг/м<sup>3</sup>, необходимо добавлять чурку лиственных пород. Такая смесь чурки твердых и мягких, хвойных и лиственных пород вполне допустима и оправдана.

11. Древесная чурка для газогенераторных автомобилей должна иметь следующие размеры (в мм):

для ЗИС-13-21	60 × 60 × 80
для ГАЗ-14-42	40 × 40 × 60

Чурки могут быть любой, но желательно одинаковой формы.

12. Чурка должна иметь влажность не более 18—20% абс.

13. Чурка не должна иметь посторонних примесей (мелких камней, песка, земли, опилок, хвои и т. д.). Зольность чурки не должна превышать 1,5—2%.

### Заготовка древесины и чурок

Заготовка древесины для разделки ее на чурки является важной операцией, определяющей качество и стоимость чурки. Поэтому заготовка и последующая разделка древесины на чурки должны быть организованы с соблюдением требований технологии и экономичности.

Для заготовки чурок подлежат использованию в первую очередь отходы лесопильного и деревообрабатывающего производства, а также деревья, поваленные ветром, сухостойные, поврежденные пожаром или насекомыми.

Использование деловой древесины не разрешается.

Древесина, пораженная гнилью, для заготовки чурок не допускается. Остальные пороки древесины (трещины, краснина и т. д.) на качество чурки существенного влияния не оказывают.

Заготовка чурок из древесины, находившейся в воде (сплавной лес или поваленные ветром и лежавшие в воде деревья), не рекомендуется вследствие повышенного золосодержания и частичного изменения химического состава древесины.

Подсушка свежесрубленной древесины может осуществляться двумя способами:

1) на воздухе (естественная сушка);

2) в специальных сушилках (искусственная сушка).

Первый способ обладает рядом преимуществ. К ним относятся:

а) простота организации сушки;

б) ее дешевизна;

в) отсутствие потребности в специальных сушилках, в квалифицированных работниках и расходе топлива на сушку.

Однако естественная сушка имеет также ряд недостатков:

а) зависимость от погоды и в связи с этим ограниченность сроков сушки;

б) необходимость больших площадей для хранения подсыхающей древесины.

Второй способ позволяет производить сушку древесины в нужном количестве и в любое время года, в соответствии с производительностью сушилки. В то же время этот способ требует дополнительных затрат на оборудование и эксплуатацию.

На практике часто применяется комбинация естественной и искусственной сушки: сначала древесина подсушивается на воздухе, затем разделяется на чурки, которые в сушилках доводятся до требуемого содержания влаги.

На быстроту естественной сушки оказывают влияние:

1) время года, в которое производится сушка, и климатические условия района;

2) подготовка древесины к сушке (в коре, пролышенная или окоренная);

3) способ разделки древесины, которая подвергается сушке (бревна, дрова, чурка);

4) способ сушки для дров и чурки.

Влияние этих факторов различно в зависимости от климатического пояса.

Проведенные в 1939 г. ЦНИИМЭ исследовательские работы по определению возможности естественной сушки древесины в различных районах СССР дали следующие результаты (табл. 5).

Таблица 5

Пояс	Входящие в пояс области	Активный период сушки	Продолжительность активного периода сушки		
			абсолютная в днях	коэффициент интенсивности сушки	приведенная продолжительность активного периода в днях
I	Крайний Север—вся территория севернее 65-й параллели.	Конец мая — середина августа	80	0,8	64
II	Север—вся территория от 60-й до 65-й параллели.	Конец апреля — начало сентября	130	0,9	117
III	Центр—вся территория от 52-й до 60-й параллели.	Начало апреля — середина сентября	170	1,0	170
IV	Юг — вся территория южнее 52-й параллели.	Середина марта — середина октября	210	1,1	231

В I поясе вся древесина, предназначенная для газогенераторного топлива, должна быть досушена в сушилках. Естественная сушка имеет подсобный характер.

Во II поясе древесина может быть подсушена на воздухе до кондиционной влажности при условии хранения ее под навесом в виде расколотых дров или чурок. В сушилке за весенне-летний период можно подсушить три партии чурок — каждую слоем не более 0,6 м. На эстакаде за это время подсохнет одна партия.

В III поясе за время активного периода сушки можно просушить древесину до кондиционной влажности:

а) в бревнах — только еловую, окоренную;

б) в дровах — при расколке их на четыре-шесть частей и укладке в клетку. Осенью необходима уборка дров под навес;  
в) в чурках — на складе-сушиле три-четыре партии (при толщине слоя до 0,6 м), на эстакаде — две партии.

В IV поясе бревна твердых лиственных пород просушить до кондиционной влажности за время активного периода сушки нельзя\*. Сушка чурок в складе-сушиле дает две партии за сезон, а на эстакаде — одну партию при толщине слоя 0,5—0,6 м.

Разделка древесины на чурки может осуществляться или полностью вручную (с применением ручного топора и пилы), или с применением механизмов для пилки и расколки.

Различают два способа заготовки чурки. При первом способе заготавливают обычные стандартные дрова, затем раскалывают их вручную или на соответствующих станках и из этих дров вручную или на механических пилах режут чурки нужного размера, которые, в случае необходимости, докалывают.

При втором способе заготавливают чурку из бревен-длинника, распиливаемых балансирной пилой на плашки, равные по высоте чурке. Плашки вручную или на механических колунах раскалываются на чурки нужных размеров.

Не останавливаясь подробно на описании различных механизмов, применяемых для разделки древесины, поскольку это не входит в задачи настоящей работы, мы ограничимся сводными таблицами, дающими основную техническую характеристику наиболее известных механизмов и их сравнение по эксплуатационным показателям (см. табл. 6, 7, 8).

При разделке древесины различными способами меняется количество потерь в виде опилок, щепы и т. д. Этот показатель весьма важен для оценки качества работы механизма и экономичности заготовки чурки. Возможные потери древесины сведены в табл. 9.

Сушка готовых чурок также может осуществляться или естественным способом — на воздухе, или искусственным способом — в специальных сушильных камерах, в некоторых камерах для более интенсивной сушки применяется подогретый воздух или газ.

Одним из важнейших показателей, определяющих рациональность использования газогенераторного топлива на автотранспорте, является его стоимость, зависящая от способа заготовки твердого топлива.

Стоимость заготовки чурки зависит от способов рубки, сушки и разделки древесины, а также от размера топливозаготовительного хозяйства, его производительности и степени механизации процессов заготовки.

\* Это объясняется более медленной потерей влаги древесиной твердых лиственных южных пород, чем древесиной хвойных и северных лиственных пород. Так, за период апрель — август, по наблюдениям ЦНИИМЭ, окоренные бревна просыхают до 25%, а неокоренные — до 43—45% влажности.

Таблица 6

Механизмы для распиловки древесины

Наименование механизма и завод-изготовитель	Краткая техническая характеристика							Производительность за 8 рабочих часов, плотн. м <sup>3</sup>	Привод и мощность	Стоимость агрегата, руб.	Кол-во обслуживающих рабочих
	диаметр диска пилы, мм	максимальная высота пропила, мм	скорость резания, м/сек.	число оборотов диска в минуту	срок службы диска (количество переработанной древесины)	прочие данные	Длина полотна 1200 мм, ширина 25—35 мм				
Лучковая пила. З-д им. Кагановича	—	—	—	—	16—30 м <sup>3</sup>	Длина полотна 1200 мм, ширина 25—35 мм	0,7	Ручная	—	1	
Поперечная двуручная пила. З-д им. Кагановича	—	—	—	—	—	Длина полотна от 1050 до 1750 мм, ширина 160—166 мм	0,5	Ручная	—	2	
Балансирная пила «ЦБ-2». З-д «Кировский металлист»	1000	380	до 52	1000	250 плотн. м <sup>3</sup>	—	Средняя 7,6	Электро-мотор 10 квт	—	3	
Балансирная пила «ЦБ-2». Союзлесобуммашина, гор. Киров	—	—	—	—	—	—	7,6	Любой двигатель (свободный шкив)	1800	3	
Круглопильный станок	400—600	—	50—70	1000—2500	150 плотн. м <sup>3</sup>	—	4,0	Любой двигатель 5—10 л. с.	1500	2	

Наименование механизма и завод-изготовитель	Краткая техническая характеристика							Привод и мощность	Производительность за 8 рабочих часов, плотн. м <sup>3</sup>	Стоимость агрегата, руб.	Кол-лич. обслуживающих рабочих
	диаметр диска пилы, мм	максимальная высота пропила, мм	скорость резания, м/сек.	число оборотов диска в минуту	срок службы диска (количество переработанной древесины)	прочие данные	прочие данные				
Балансирная пила «ЦБ-3». Кандалакшский 3-д и 3-д «Красный металлст» . . . . .	1000	300	64,5	1230	—	—	—	—	—	—	3
	700	—	—	1400	—	Вес 300 кг	—	15,0	—	—	2
Круглопильный станок Круглопильный станок со стандартным комплектным валиком ПВ-5. 3-д «Красный металлст» . . . . .	500	—	—	1950	—	Вес 150 кг	—	4,0	—	—	2
	750	250	—	1300	—	Максимальная длина полена 1250 мм	—	4,0	—	—	2
То же с валиком ПВ-7	700—800	250	—	1000—1200	375	Нормальная длина полена 1 м	—	10,0	—	—	3
	Диаметр сучков 70 мм	—	—	34	При коэффициенте использования 0,7—0,8 м <sup>3</sup> чурок навалом	Число ножей в барабане 5	—	—	—	—	—
Сучкорезная машина ЦНИИМЭ	—	—	—	—	—	Ширина полотна 20—60 мм	—	—	—	—	—
Механическая ленточная пила . . . . .	—	—	20—30	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 7

## Механизмы для колки плашек

Наименование и тип механизма и завод-изготовитель	Краткая техническая характеристика					Производительность за 8 рабочих часов	Тип привода и мощность, л. с.	Количество обслуживающих рабочих
	число оборотов главного вала в минуту	максимальный диаметр раскалываемых плашек, см	максимальная высота плашек (длина дров), см	вес механизма, кг	прочие данные			
Топор ручной ОСТ 5147 для хвойных пород	—	—	—	1,7	Ширина лезвия 110 мм; общая высота 187 мм; толщина щек 6 мм	2,75 скл. м <sup>3</sup>	Ручной	1
То же ОСТ 6700 для твердых лиственных пород	—	—	—	1,75	Ширина лезвия 143 мм; общая высота 185 мм; толщина щек 5 мм	2,75 скл. м <sup>3</sup>	То же	1
Механический кривошипно-шатунный колун системы Лебедева и Назарова. 3-ды Лесосудомашстроя	300	30	7	855	Ход ножа 60 мм	51,9 плотн. м <sup>3</sup>	Шкив 6	—
	170	45	—	450	—	30 плотн. м <sup>3</sup>	Шкив 5	—

Наименование и тип механизма и завод-изготовитель	Краткая техническая характеристика						Производительность за 8 рабочих часов	Тип привода и мощность, л. с.	Количество обслуживающих рабочих
	число оборотов главного вала в минуту	максимальный диаметр раскалываемых плашек, см	максимальная высота плашек (длина дров), см	вес механизма, кг	прочие данные	прочие данные			
Механический цепной колун для раскалывания стандартных дров с колющим клином конструкции ЦНИИМЭ	150	45	150	—	Поддача 0,8 м/сек.	185 м <sup>3</sup>	Шкив 10	—	
Механический горизонтальный колун с колющим клином Чудовского з-да	48	60	120	2000	Для дров ручная подача	100 плотн. м <sup>3</sup>	10	—	
Ручной колун Виноградова для расколки плашек	—	—	до 187	12	—	4 м <sup>3</sup>	Ручной	2	
Вертикальный кривошипный механический колун «ВКЦ-1»	120	Не ограничен	8	205	Ход ножа 90 мм	7 м <sup>3</sup>	2	—	
Колун «КГР», модель 1941 г.	200	35	8	589	—	64 м <sup>3</sup>	3	1	
Пильно-кольный агрегат ЦНИИМЭ (с тремя дисковыми пилами и горизонтальным кривошипным колуном)	1200	25	125 (для пил) 7 (для колуна)	700	Диаметр пил — 800 мм, количество ножей — 4	10 плотн. м <sup>3</sup>	30	2	

Таблица 8

## Сушилки для чурок

Наименование сушилки и завод-изготовитель	Краткие технические данные	Емкость сушилки, м <sup>3</sup>	Продолжительность сушки, час.	Производительность в сутки, м <sup>3</sup> скл.	Вид топлива для печей сушилки	Расход топлива на 1 скл. м <sup>3</sup> высушенной чурки	Количество рабочих для обслуживания сушилки
Карбонизаторы ЦНИИМЭ { малый большой	Сушка горячим дымом в цилиндрической камере с циркуляцией дыма, идущего из очага горения. Вес малого — 420 кг, большого — 575 кг	2	9—11	3,2—4	Мелкие дрова, отходы, сучья	—	0,4
		4	9—11	6,4—7		—	0,67
Передвижная сушилка системы Быкова, Лавринича и Чистова	На полозьях; ящичная, с кирпичным очагом; непрерывного действия; сушка дымом	1,5—1,8	1,5—3	15—18	То же	0,06—0,1 м <sup>3</sup>	2
		4,4	6	16	Дрова до 1 м длины и отходы	0,2	—
Сушилка ЦНИИМЭ	Стационарная; кирпичная, с подвижной чурки на вагонетках в сушильную галерею; непрерывного действия; сушка горячим дымом	16,5	20—24	16,2	То же	0,12—0,14	2
Сушилка Сиб. НИИЛХЭ	Деревянное рубленое здание с сушильной камерой; подача чурок в камеру вагонетками; сушка нагретым воздухом	—	—	—	—	—	—

Таблица 9

Операции и способы их выполнения	Усушка при хранении и сушке чурок, в % от сырых просеянных чурок	Опилки при распиловке на плашки, в % от сырых просеянных чурок	Мелочь (щепа) при расколке плашек, в % от нарезанных плашек
Хранение и сушка чурок . . . . .	8,0	—	—
Распиловка:			
а) лучковой пилой . . . . .	—	2,5	—
б) поперечной двухручной пилой	—	3,5	—
в) круглыми пилами диаметром:			
500—600 мм . . . . .	—	4,0	—
700—900 мм . . . . .	—	6,0	—
1000—1200 мм . . . . .	—	8,0	—
Расколка:			
а) вручную топором . . . . .	—	6,0	6,0
б) вручную приспособлением Виноградова и вертикальным колуном ЦНИИМЭ . . . . .	—	2,5	2,5
в) пильно-кольным агрегатом ЦНИИМЭ . . . . .	—	—	6,0
г) ротационным колуном «КГР» . . . . .	—	—	7,0
д) колуном системы Лебедева и Назарова . . . . .	—	—	10,0
е) сучкорезной машиной ЦНИИМЭ . . . . .	—	—	5,0
Итого . . . . .		от 13 до 26%	потерь . . . . .

Зависимость производительности топливозаготовительной базы от типа применяемого оборудования и его производительности показана в табл. 10. Применение ручного способа разделки древесины на чурки дает очень низкую производительность — в 11 раз меньше, чем механизированные пила и колка. Один комплект оборудования при механизации может обеспечить готовой чуркой от 50 до 250 ходовых автомобилей. Ручная разделка может быть допущена только при необходимости разовой разделки на чурки небольших количеств древесины и при невозможности механизировать работу.

Широкое внедрение газогенераторов в народное хозяйство потребует большого количества газогенераторного топлива, в том числе древесной чурки. Поэтому необходимо рационально организовать топливозаготовительные базы при максимальной механизации процессов заготовки, сушки и разделки древесины.

В 1940 г. ЦНИИМЭ было произведено сравнение различных форм организации чуркозаготовительных баз по трудоемкости

Таблица 10

Примерный расчет производительности механизмов по разделке чурки

Комплект оборудования	Производительность в сутки				Выход чурки за 8 час. работы	Число машино-дней работы газогенерат. авт. мобили на этом количестве чурок			
	пилки		колки				агрегатов		
	плотн. м³	скл. м³	плотн. м³	скл. м³					
Ручная пила и ручной колун . . . . .	0,6	1,13	—	2,75	2	1	2,52	705	7
Балансирная пила «ЦБ-3» и колун Лебедева и Назарова . . . . .	8,5	16	51,9	97,8	6	1	81	22 700	230
Балансирная пила «ЦБ-3» и колун Сиб. НИИЛХЭ . . . . .	8,5	16	30,0	56,7	3	1	48,2	13 500	140
Балансирная пила «ЦБ-3» и колун «КГР-41» . . . . .	8,5	16	—	64	4	1	54,4	15 200	155
Круглопильный станок с валом ПВ-5 и колун Лебедева и Назарова . . . . .	4	7,55	51,9	97,8	13	1	81	22 700	235
Пильно-кольный агрегат ЦНИИМЭ . . . . .	10	18,9	10,0	18,9	1	1	17,8	4 980	50

Примечание. Выход чурки дан с учетом потерь на щепу и опилки. Число машино-дней работы автомобилей рассчитано, исходя из суточного пробега в 120 км и нормы расхода 0,8 кг чурки на 1 км (среднее для автомобилей ГАЗ и ЗИС).



Таблица 11

Сравнительные показатели затрат на 1 м<sup>3</sup> древесной чурки при различных формах ее заготовки

Форма заготовки	Тип заготовительной базы	Форма древесины	Затраты, чел.-дн.	Капиталовложения, тыс. руб.	Стоимость 1 м <sup>3</sup> чурки, р.-к.
Естественная сушка чурок на эстакадах	Централизованная	Бревна	1310	95	42—38
	Передвижные	Дрова	1290	95	42—40
		Бревна	1170	99	33—38
	Дрова		1150	99	32—40
Естественная сушка чурок в складах-сушилах		Централизованная	Бревна	1190	67
	Передвижные	Дрова	1150	67	37—40
		Бревна	1110	68,5	29—80
	Дрова		1060	68,5	28—50
Естественная сушка расколотых дров в поленницах (25% дров под навесом)		Централизованная	Бревна	1105	38,5
	Передвижные	Дрова	1075	38,5	33—60
		Бревна	990	43	26—00
	Дрова		1110	43	25—50
Искусственная сушка чурок в сушилках или карбонизаторах		Централизованная	Бревна	1510	44
	Передвижные	Дрова	1450	45	47—25
		Бревна	1415	40	38—50
	Дрова		1360	40,5	36—60
Комбинированная сушка — естественная и искусственная		Централизованная	Бревна	1430	54,5
	Передвижные	Дрова	1390	55	44—50
		Бревна	1350	51	36—00
	Дрова		1295	51,5	35—50
Естественная двухгодичная сушка бревен в штабелях		Централизованная	Бревна	1200	33
	Передвижные	Бревна	1100	32,5	28—10

работ, величине первоначальных капиталовложений и себестоимости продукции при следующих исходных данных:

а) объем заготовки топлива в год — 4 тыс. м<sup>3</sup> чурок, что обеспечивает эксплуатацию 60 автомобилей ЗИС-5 или 100 автомобилей ГАЗ-АА;

б) потребность в сырье: бревен — 2540 плотн. м<sup>3</sup>, дров — 3780 скл. м<sup>3</sup>;

в) запас сырья, хранимый на складе централизованной базы, — 40% годовой потребности. Остальная древесина подсушивается в складах на месте лесоразработок и постепенно подвозится на базу;

г) оборудование базы — балансирующая пила и механический конвейер. Сушка древесины производится в стационарных или переносных (в случае сушки на месте разработки) сушилках;

д) питание силовой энергией: в стационарных базах — от локомотива, в передвижных базах — от походной электростанции;

е) срок работы базы: на основном складе — 5 лет и на лесосечных складах — 3 года.

Результаты сравнения различных форм организации чуркозаготовительных баз приведены в табл. 11.

Из всех сравниваемых вариантов наиболее экономичным как по затратам труда, так и по себестоимости продукции является разделка чурок из расколотых дров, подвергавшихся естественной сушке в поленницах в передвижных базах. Однако этот способ может быть применен в районах СССР не выше 57-й параллели. Для районов, расположенных севернее, где естественная сушка дров требует не менее двух летних сезонов, может быть рекомендован способ комбинированной или искусственной сушки с предварительной подсушкой на воздухе.

## Глава 4

ДРЕВЕСНЫЙ УГОЛЬ, КАК ТОПЛИВО  
ДЛЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Древесный уголь может применяться:

- 1) как самостоятельное топливо для газогенератора;
- 2) как наполнитель активной зоны газогенераторов, работающих на древесной чурке (а иногда на другом виде топлива), при их полной перезарядке.

В зависимости от условий применения древесного угля в газогенераторных автомобилях к нему предъявляются различные технические требования.

Качество древесного угля зависит от:

- 1) породы и качества древесины;
- 2) способа выжигания и технологического процесса углежжения.

Способ выжигания древесного угля, определяющий в значительной степени температуру переугливания древесины, оказывает существенное влияние на его качество. Увеличение температуры переугливания до 600° С повышает качество угля при одновременном снижении его выхода по весу. Кроме того, температура обугливания определяет способность угля поглощать кислород воздуха. Наибольшую поглотительную способность имеет уголь, выжженный при 400° С. При повышении температуры выжигания до 600° С эта способность уменьшается в 3,5 раза.

Уголь, получаемый при выжиге в пределах температур от 280 до 600° С, называется черным. Выжиг при температурах до 380° С дает хрупкий и маркий уголь. Повышение температуры выжигания (до 600° С) придает углю прочность, увеличивая процентное со-

держание углерода. Увеличение содержания углерода имеет большое значение для газификации, так как углерод является основным реагентом, участвующим в этом процессе. Увеличение температуры выше 600°С нецелесообразно, так как это заметного улучшения качества угля не вызывает.

Влияние температуры выжигания на теплотворность древесного угля показано в табл. 12.

Таблица 12

Температура выжигания, °С	Содержание летучих, %	Теплотворность 1 кг угля, кал/кг (высшая на горючую массу)	
400	32,10	7150	
500	16,79	7982	
600	10,24	8013	
700	6,42	8221	

Температура выжигания угля зависит от количества воздуха, участвующего в процессе переугливания древесины. Чем больше это количество воздуха, тем выше температура процесса. Количество воздуха определяется способом выжигания угля. Поэтому качество угля зависит от способа выжигания (табл. 13).

Таблица 13

Способ переугливания древесины	Конечная температура переугливания, °С	Состав сухого угля, %			Выход угля в % веса от абсолютно сухой древесины	Теплотворность угля, кал/кг (высшая на рабочее топливо)
		углерод	водород	кислород, азот и зола		
В ретортах	400	76,1	3,9	20,0	44	6550
В печах Шварца	450	83,5	3,8	12,7	35	6800
В кучах	600—700	92,4	2,6	5,0	30	7300

Выход угля в зависимости от породы древесины, при кучном способе выжигания, показан в табл. 14.

Таблица 14

Порода древесины	Выход угля в % от исходной древесины					
	Кучи стоячие, на постоянном току		То же, на новом току		Кучи лежачие	
	по весу	по объему	по весу	по объему	по весу	по объему
Береза	20—21	65—68	18	53		
Ель	24—28	60—70	19	58		
Сосна	22—25	60—64	20	52	23	60
Лиственница	24	76	22	60		
Пихта	22—28	60—65	19	52		
Бук	—	—	—	—	22	50

Для автомобильных газогенераторов очень важен показатель веса топлива в единице объема. В табл. 15 приведена такая характеристика угля в зависимости от породы древесины.

Таблица 15

Порода древесины	Удельный вес угля в кусках, кг	Насыпной вес 1 м³ угля, кг	
		кучной	печной
Сосна	0,30	145	137
Ель	0,26	127	120
Береза	0,36	184	175
Осина	—	147	140

Наиболее значительное влияние порода древесины оказывает на механическую прочность угля. Хвойные породы, особенно ель, дают уголь хрупкий, слабый. Уголь из древесины, пораженной гнилью, имеет очень малую механическую прочность — 3—12 кг/см². Уголь, выжженный из сучьев, более прочен, чем уголь, выжженный из ствола. Данные о механической прочности угля различных древесных пород при выжиге в печах Шварца приведены в табл. 16.

Таблица 16

Порода древесины	Сопротивление раздавливанию, кг/см²	
	параллельно волокнам	перпендикулярно волокнам
Береза	195—334	21—44
Сосна	103—169	12—26
Ель	69—131	9—16

Порода древесины оказывает также заметное влияние на зольность и теплотворность автомобильного газогенераторного топлива (табл. 17).

Таблица 17

Уголь	Способ выжигания	Содержание по весу, %				Низшая теплотворность горючей массы, кал/кг
		углерод	водород	кислород и азот	зола	
Березовый	Кучной	88,3	2,0	7,9	1,8	7385
"	Печной	78,9	3,2	16,2	1,7	6512
Сосновый	Кучной	87,0	2,5	9,1	1,4	7320
"	Печной	78,6	3,9	16,6	0,9	6646
Еловый	Кучной	86,8	2,1	9,9	1,2	7312
"	Печной	77,6	3,7	17,7	1,0	6501
Осиновый	Кучной	85,9	3,4	8,6	2,1	—
"	Печной	73,0	4,7	21,0	1,3	—

Содержание влаги в древесном угле колеблется в весьма значительных пределах, что связано с его большой гигроскопичностью; при этом уголь поглощает влагу гораздо легче, чем теряет ее. Обычно выгружаемый из куч уголь имеет влажность 2—4%, но при хранении влажность его постепенно увеличивается за счет поглощения влаги из воздуха или непосредственного попадания атмосферных осадков. Размер влагопоглощения показан ниже на примере повышения влажности березового угля при хранении его на воздухе с защитой от непосредственного попадания атмосферных осадков:

через 6 дней после выжига	влажность была	— 4,3%
" 13 "	" "	" — 5,5%
" 22 "	" "	" — 6,6%
" 56 "	" "	" — 8,16%
" 85 "	" "	" — 8,4%

В случае непосредственного попадания воды на уголь влажность его возрастает весьма резко. Так, уголь, помещенный в воду, увеличивает свой вес через два часа в 1,5 раза, а через 32 часа — в 2 раза. Через 72 часа влажность угля составляет 54,6% (при исходной 6,3%). При сушке этого угля на воздухе, в тени, с защитой от дождя исходная влажность была достигнута только через 168 часов.

#### Возможность применения древесного угля, как топлива для автомобиля

Древесный уголь, как топливо для газогенераторных автомобилей, обладает рядом хороших показателей: высокой теплотворностью, малой зольностью, незначительным содержанием летучих. Древесный уголь имеет высокую реакционную способность и небольшое содержание влаги. Однако древесный уголь имеет также ряд серьезных недостатков: большую гигроскопичность, хрупкость (что вызывает потери угля и засорение газогенераторной установки), малый насыпной вес, маркость, склонность к образованию шлака при газификации (что вызывает ухудшение состава газа и необходимость более частой чистки газогенератора).

Чтобы установить границы допустимых значений для каждого из показателей, характеризующих древесный уголь как газогенераторное топливо для автомобилей, рассмотрим влияние различных свойств древесного угля на работу автомобильного газогенератора.

Работы НАТИ, ЦНИИМЭ и ЦНИИАТ в этом направлении выявили следующие зависимости, определившие требования к древесному углю как топливу для газогенераторных автомобилей, работающих по прямому или горизонтальному процессу газификации.

**1. Содержание летучих.** Исследования, проведенные с различными газогенераторными установками, определили возможность

применения древесного угля, по данным НАТИ, с содержанием летучих до 18%, а по данным ЦНИИМЭ — от 7 до 25%. Эти границы были установлены главным образом вследствие засмоления системы очистки газа, имевшей матерчатые фильтры. Работы ЦНИИАТ с установкой УГ-1 показали, что с повышением количества летучих в древесном угле мощность двигателя возрастает за счет увеличения теплотворности газа. Так, при увеличении содержания летучих от 4,5 до 22% теплотворность газа возросла с 1180 до 1300 кал/м<sup>3</sup>, а мощность двигателя повышалась на 13%.

С повышением содержания летучих количество смолы в газе увеличивается незначительно: при содержании летучих в 30% количество смолы не превышает 0,3 г/м<sup>3</sup> (для сравнения укажем, что в установках ГАЗ-42 и ЗИС-21 для древесных чурок содержание смолы в газе доходит до 0,5 г/м<sup>3</sup>).

На основании результатов исследований ЦНИИАТ установлено, что при получении бессмольного газа с наибольшей теплотворностью максимальное содержание летучих в угле не должно превышать: для березового и соснового угля — 30%, для елового угля — 25%.

Для газогенераторных установок с матерчатыми фильтрами содержание летучих уменьшается до 18%, что приводит к понижению качества генераторного газа (а следовательно, и мощности двигателя).

**2. Влажность угля.** Максимально допустимая влажность была определена НАТИ в 15%, а ЦНИИМЭ — от 8 до 15%. По исследованиям ЦНИИАТ установлено, что при повышении влажности рабочего топлива температура в активной зоне понижается, содержание в газе окиси углерода уменьшается, а количество двуокиси углерода соответственно увеличивается. Содержание водорода в газе при влажности топлива в 20% увеличивается до 6,3%. При дальнейшем увеличении влажности содержание водорода в газе уменьшается и при влажности в 36% составляет 3,4%. С точки зрения образования максимального количества водорода наиболее выгодна влажность в 20%. В результате изменения соотношений всех компонентов газа теплотворность его увеличивается с 1200 кал/м<sup>3</sup> при влажности в 4% до 1270 кал/м<sup>3</sup> при влажности в 18%, а при дальнейшем увеличении влажности снижается до 1160 кал/м<sup>3</sup> (при влажности в 36%). Соответственно изменяется и мощность двигателя. Таким образом, оптимальная влажность древесного угля равна 18—20%.

**3. Зольность топлива.** Зольность топлива влияет на устойчивость процесса газификации и работу двигателя. Под действием высокой температуры в активной зоне генератора значительная часть золы сгоревшего топлива расплавляется и образует шлак, нарушающий процесс газификации. При зольности древесного угля в 3—4% газогенераторные автомобили ГАЗ-Г-21 и ЗИС-Г-23 (по данным НАТИ) имеют пробег между чистками газогенерато-

ра в 250—300 км. При этом в камере горения генератора скапливается от 20 до 25 г шлака на каждый килограмм сгоревшего топлива. В пересчете на пробег автомобиля на каждые 100 км пробега образуется 0,8—0,9 кг шлака.

ЦНИИМЭ в своих технических требованиях на древесный уголь определяет допустимое количество золы в угле равным 3—4%, в зависимости от сорта угля.

Исследования ЦНИИАТ показали, что количество образующегося в генераторе шлака прямо пропорционально зольности угля, причем в шлак переходит около 65% золы топлива.

Испытания установки УГ-1 показали, что при зольности древесного угля в 3% наибольшая продолжительность работы газогенератора до чистки составляет 300 км при шлаконакоплении в 20 г/кг топлива. При снижении пробега газогенератора между его чистками до 200—250 км зольность применяемого угля можно повысить до 4%.

Исследования газогенератора, работающего по схеме прямого процесса с паро-воздушным дутьем, показали, что даже при применении древесного угля с зольностью 8% образования шлака в камере сгорания не наблюдалось.

**4. Размер кусков и наличие мелочи в угле.** По данным НАТИ, газогенераторы горизонтального процесса (с производительностью до 35 кг/час) наиболее устойчиво работают и дают газ наилучшего качества при размере кусков древесного угля в 10—25 мм. При увеличении кусков угля до 20—50 мм работа генератора становится менее устойчивой и сопровождается образованием газа худшего качества. Мощность двигателя уменьшается на 18—20%.

Работы ЦНИИМЭ с газогенератором типа Гоэн-Пулен на древесном угле показали, что при размере кусков в 25—37 мм генератор работает неудовлетворительно. Беспеременно наблюдался перегрев стенок генератора, повышалась температура газа, мощность двигателя падала. Были случаи расплавления решетки. Поэтому, на основе приведенных работ, ЦНИИМЭ рекомендует применять древесный уголь с размером кусков 10—25 мм.

В дополнение к работам НАТИ и ЦНИИМЭ, выявляющим влияние размерности кусков угля на процесс газификации, ЦНИИАТ были проведены работы по определению влияния пыли и мелочи в древесном угле на качество работы газогенератора. В результате этих работ было установлено, что:

а) с повышением засоренности древесного угля угольной пылью увеличиваются зольность и шлаконакопление;

б) количество пыли, уносимой из генератора с газами и оседающей в очистителях, увеличивается в соответствии с повышением засоренности древесного угля;

в) при работе на древесном угле с содержанием пыли в 17,5% предельная продолжительность работы до чистки газогенератора и газоочистной системы составляет 6 час., или 200 км пробега (при работе на рядовом угле этот пробег равен 600 км).

Таким образом, оптимальные размеры кусков древесного угля для газогенераторов горизонтального процесса газификации лежат в пределах 5—25 мм. Содержание мелочи с размером частиц менее 3 мм должно быть не более 2% по весу. Для газогенераторов прямого и обращенного процесса размеры кусков древесного угля должны быть в пределах 15—40 мм.

**5. Влияние породы древесины на качество работы газогенератора на древесном угле** сравнительно с другими факторами невелико. Обычное предпочтение углю из твердых пород (береза, дуб) вызывается его большей прочностью и большим насыпным весом по сравнению с углем из других пород.

По исследованиям НАТИ, мощность двигателя и удельный расход топлива при работе на различном древесном угле изменялись незначительно (табл. 18).

Таблица 18

Уголь	Время выжига, мин.		Эффективная мощность двигателя, л. с.		Расход топлива, кг/час		Удельный расход топлива, г/л. с. в час	
	установка НАТИ Г-32	установка НАТИ Г-34	установка НАТИ Г-32	установка НАТИ Г-34	установка НАТИ Г-32	установка НАТИ Г-34	установка НАТИ Г-32	установка НАТИ Г-34
Из твердых пород . . . . .	115	110	54,4	61,4	32,0	32,5	635	530
Из мягких пород . . . . .	—	70	49,2	63,8	29,2	33,5	593	530

Более высокий насыпной вес древесного угля из твердых лиственных пород обеспечивает автомобилям большую дальность хода на одной заправке бункера, а большая прочность угля из этих пород повышает транспортабельность его по сравнению с углями из хвойных и мягких лиственных пород.

Влияние породы древесины на теплотворность и состав получаемого из древесного угля газа характеризуется данными табл. 19.

Таблица 19

Влияние породы древесины угля на теплотворность и состав генераторного газа (при  $V^P = 25\%$  и  $W^P = 10\%$ )

Уголь	Смоли в газе, г/м <sup>3</sup>	Состав газа по объему, %					Теплотворность низшая, кал/м <sup>3</sup> газа   смеси	
		CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N + O <sub>2</sub>	газа	смеси
Березовый . . . . .	0,20	2,7	32,0	6,4	2,1	56,6	1326	631
Сосновый . . . . .	0,26	2,2	30,8	6,0	2,8	57,94	1330	622
Еловый . . . . .	0,44	1,8	31,3	4,94	3,04	58,48	1340	623

Приведенные цифры показывают, что при газификации древесного угля твердых пород образуется больше свободного водорода, чем при газификации угля хвойных пород, где водород связан с углеродом в виде метана и смол. Это ограничивает применение угля хвойных пород содержанием в них летучих не более 25% для ели и 25—30% для сосны.

6. **Способ выжига угля** может быть любым, если он дает уголь, отвечающий по качествам основным требованиям, предъявляемым к нему. Предпочтительнее уголь печного углежжения, имеющий несколько лучшие качества (меньше золы, более высокий процент содержания летучих).

### Технические требования к древесному углю

Наряду с употреблением угля как самостоятельного топлива для газогенераторных автомобилей он применяется также в качестве наполнителя зоны горения газогенераторов, работающих на древесной чурке, и служит сырьем для производства древесно-угольных брикетов (см. гл. 8).

Требования к древесному углю как наполнителю активной зоны газогенераторов мало отличаются от требований к нему как к основному топливу, так как функции угля в зоне горения в обоих случаях одинаковы.

Требования к углю, идущему на производство брикетов, должны определяться, исходя из следующих предпосылок.

1. Уголь при изготовлении брикетов дробится до порошкообразного состояния, поэтому употребление крупных кусков угля, которые могут быть использованы непосредственно в качестве топлива для автотранспорта или для нужд металлургии, нецелесообразно. Для брикетирования следует использовать угольную мелочь, получающуюся в значительном количестве при выжиге угля.

2. Качество исходного угля определяет также качество брикета как топлива; поэтому уголь, идущий на изготовление брикетов, должен быть высококачественным (в пределах требований, предъявляемых к автомобильному газогенераторному топливу).

Исходя из изложенных выше положений и опыта использования древесного угля газогенераторных автомобилей, ЦНИИМЭ определены технические требования к древесному углю (табл. 20).

В основу этих технических требований положены следующие установки.

- Древесный уголь должен обеспечивать:
- а) быстрый розжиг газогенератора;
  - б) устойчивость процесса газификации и минимальное снижение мощности двигателя;
  - в) высокое качество газа (отсутствие смол, пыли, высокую теплотворность);
  - г) максимальный пробег автомобиля до чистки газогенератора и фильтров.

Технические требования на древесный уголь для автомобильных газогенераторов

Таблица 20

Свойства и показатели	1	Топливо для газификации в газогенераторах						12		
		с горизонтальным процессом		с прямым процессом		с обращенным процессом (заполнитель активной зоны)				
		Класс угля		Класс угля		Класс угля				
Размерность	2	A	B	A	B	A	B	10	11	
		Крепкие куски одинаковой плотности, без сетчатых трещин и расслоений по годичным кольцам	180	100	50	180	100			50
Черный блестящий для всех кусков	%	2	1,8	1,4	2	1,8	1,4	2	1,8	1,4
		1,8	1,4	0,5	1,8	1,4	0,5	1,8	1,4	0,5
Порошок с величиной зерна не более 1—1,5 мм	Не имеет значения	18	19	5	18	19	5	18	19	5
		10	5	2	10	5	2	10	5	2
Насыпной вес:	кг/м³	70	60	50	70	60	50	70	60	50
		220	180	140	220	180	140	220	180	140
минимальный	"	180	140	120	180	140	120	180	140	120

Свойства и показатели	Размерность	Топливо для газификации в газогенераторах												Сырье для брикетирования
		с горизонтальным процессом			с прямым процессом			с обращенным процессом (заполнитель активной зоны)			Класс угля	Класс угля		
		Класс угля			Класс угля			Класс угля						
		А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
6. Размер кусков:	мм	25	30	30	30	40	40	40	40	40	40	40	( Не более ( 1,5 мм	
максимальный . . . . .	"	5	8	10	10	15	15	15	15	15	15	15		
минимальный . . . . .	0%/кг	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
7. Примесь мелочи (менее 3—5 мм) максимальная . . . . .	0/0	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	12—16	
III. Физико-химические свойства	0/0	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8—20	
1. Влажность на рабочее топливо (абс.):	0/0	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	—	
нормальная . . . . .	0/0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	—	
минимальная . . . . .	0/0	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	7	
максимальная . . . . .	0/0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	40	
2. Гигроскопичность угля не более	0/0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	—	
3. Влагопоглощаемость не более	0/0	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	—	
4. Зольность на сухую массу:	0/0	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	—	
минимальная . . . . .	0/0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	—	
максимальная . . . . .	0/0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	—	
5. Содержание летучих на горючую массу:	0/0	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	—	
минимальное . . . . .	0/0	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	—	
максимальное . . . . .														

Примечание. Классы углей: класс А — прочный уголь, получаемый из твердых пород (береза, дуб); класс Б — средний уголь (сосна и другие породы); класс В — слабый уголь из мягких пород (осина, ель и т. д.).

Технические требования разработаны применительно к существующим типам газогенераторов. Изменения в конструкциях газогенераторов меняют и требования к топливу.

Применение в существующих газогенераторных установках матерчатых фильтров снижает предел содержания влаги до 15%, летучих — до 19%.

Угли класса В в транспортных газогенераторах могут употребляться только в смеси с углем класса А. При этом насыпной вес смеси должен быть не ниже 175—200 кг/м³.

**Организация заготовки древесного угля**

Одним из основных и старейших потребителей древесного угля является металлургия, в частности древесноугольная металлургия Урала. При этом на металлургических заводах Урала скопилось большое количество мелкого древесного угля, который не мог быть использован в основном металлургическом производстве, но является хорошим топливом для газогенераторных автомобилей.

С ростом парка газогенераторных автомобилей автотранспорт становится весьма крупным потребителем древесного угля.

Размеры потребления этого топлива автотранспортом будут зависеть от степени распространенности и внедрения в народное хозяйство СССР газогенераторных автомобилей, работающих на древесном угле. Все предпосылки для этого имеются, и вопросу организации производства древесного угля для автомобильного парка необходимо уделить особое внимание.

Производство угля сводится к его выжигу из древесины тремя способами:

- 1) костровым, или ямным;
- 2) печным и
- 3) ретортным.

Костровый, или ямный, способ производства древесного угля — наиболее старый и примитивный, однако он имеет ряд преимуществ: а) отсутствие необходимости в специальном оборудовании; б) осуществление углежжения непосредственно на месте лесосек, без подвозки дров к месту выжига.

К недостаткам кучного (кострового) способа углежжения относятся:

- а) сезонность работы (зависимость от погоды);
- б) трудность равномерного ведения процесса, что отражается на производительности и качестве получаемого угля. В связи с этим необходимо иметь квалифицированных углежогов;
- в) трудоемкость операций;
- г) сравнительно низкий выход угля и медленность процесса;
- д) потеря ценных продуктов, получающихся при сухой перегонке древесины, и увеличение вследствие этого себестоимости угля;
- е) сравнительно высокая себестоимость угля;
- ж) возможность засорения угля землей.

Несмотря на эти недостатки, кучной способ выжигания угля до последнего времени имеет большое распространение.

Продолжительность выжигания угля в кучах зависит от их объема. При объеме в 30—50 м<sup>3</sup> она составляет 6—8 суток, а при объеме в 150 м<sup>3</sup> — 15 суток.

Выход древесного угля зависит от породы древесины, толщины дров и их качества (содержания влаги).

Выход угля по объему тем больше, чем толще древесина, идущая на выжиг. Так, при среднем диаметре дров в 20 см выход угля составляет для хвойных пород 54—80%, а для лиственных 38—56%. При уменьшении диаметра до 4 см выход угля снижается до 32—50% для хвойных и 23—34% для лиственных пород.

«Инструкцией по углежжению для лесных предприятий НКЧМ» предусматриваются следующие нормы выхода кучного угля, в зависимости от влажности дров и породы древесины, в процентах по объему (табл. 21).

Таблица 21

Классификация дров по влажности	Порода дров			
	еловые	сосновые	осиновые	березовые
Сухие . . . . .	61	61	53	47
Полусухие . . . . .	58	58	50	45
Сырые . . . . .	55	55	47	43

Производительность одной кучи объемом 40 м<sup>3</sup> при продолжительности цикла в десять суток (что дает в год 25 циклов) составляет 480 м<sup>3</sup>, или 72 т угля в год. Это обеспечивает годовую потребность в угле 5—7 автомобилей.

Преимущество кучного способа выжигания, дающего уголь с большим количеством углерода, заставляло искать путей усовершенствования и модернизации его. Так появились переносные печи, являющиеся по существу кострами (кучами), заключенными в металлическую оболочку (вместо земляной).

Техническая характеристика различных типов печей приведена в табл. 22.

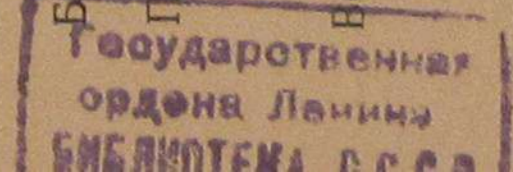
Применение печей позволило повысить производительность выжигания угля. По данным ЦНИИМЭ, батарея в пять печей при четырех обслуживающих рабочих дает в две смены при выходе угля 22—25% по весу около 26,5 т угля. Качество угля улучшается за счет уменьшения возможности засорения его землей.

Наиболее распространенным в СССР типом стационарной углевыжигательной печи является печь Шварца, широко применяемая

Таблица 22

Характеристика углевыжигательных печей

Наименование печей	Техническая характеристика				Расход топлива на выжиг	Производительность по выжигу угля	Краткая характеристика печи
	объем печи, м <sup>3</sup>	вес загрузки емой древесины, кг	общая продолжительность переугливания, час.	вес печи, кг			
Малая печь ЦНИИМЭ	2,5	650—750	10—15	196—200	—	100—120 кг	Передвижная. Металлический кожух цилиндрической формы со сферическим верхом. Принцип работы костра
Большая печь ЦНИИМЭ	3,5	950—1200	22—23	235—240	—	—	То же, стационарная
Печи Шварца . . . . .	100 70 50	3000 2100 1500	10 суток	—	12 м <sup>3</sup> 11—12 <sup>0/0</sup> от объема древесины	28,5 т в месяц	Прямоугольная кирпичная камера. Разложение древесины прямым действием потока газов
Вертикальная стационарная реторта . . . . .	2—6,5	—	15—25	—	30—35 <sup>0/0</sup> от объема древесины	—	Железная из листового железа. Подогрев снизу и по стокам. Выгрузка снизу
Вертикальная выемная реторта . . . . .	2—2,5	—	10—18	—	—	—	Стационарная. Цилиндрический баллон, спускаемый с гнезда остова печи



Наименование печей	Техническая характеристика				Расход топлива на выжиг	Производительность по выжигу угля	Краткая характеристика печи
	объем печи, м <sup>3</sup>	вес загрузочной емкости, кг	общая продолжительность переугливания, час.	вес печи, кг			
Горизонтальная выемная реторта . . . . .	10	—	24—48	—	35—40% от объема древесины	—	Стационарная. Прямоугольный ящик из котельного железа на тележке подается в печь. Срок службы около 10 лет
Переносная печь «Триан» . . . . .	11	—	24—33	Около 1000	—	40—50% по объему, 12—18% по весу	Железный разборный цилиндр. Работает по принципу котлового углежжения
Переносная печь Дельмо . . . . .	3,7—15	—	Средняя 60	Средний 2800	—	—	Железная, конической формы, вершиной вниз
Переносная печь Маньена . . . . .	4,5—5	—	24	—	—	—	Железная, разборная из двух колец с крышкой. Принцип работы костра

при производстве древесного угля для нужд металлургии. Характеристика печей Шварца приведена в табл. 22.

Производительность печей Шварца определена «Инструкцией по углежжению для лесных предприятий НКЧМ», исходя из норм продолжительности процесса переугливания дров, указанных в табл. 23.

Таблица 23

Классификация дров по влажности	Продолжительность процесса переугливания дров, час.								
	березовых			сосновых			еловых		
	При полезной емкости печи, м <sup>3</sup>								
	100	70	50	100	70	50	100	70	50
Сырые . . . . .	96	80	72	92	80	72	98	92	80
Полусухие и воздушно-сухие . . . . .	70	62	54	66	60	48	90	84	72

Увеличение продолжительности переугливания влечет за собой понижение производительности печей и увеличение расхода топлива на шуровку. Увеличение скорости переугливания повышает производительность печей, но вызывает понижение механической прочности угля, в особенности при еловых дровах.

Нормальная продолжительность всего цикла работы печи (включая заправку, загрузку, переугливание, охлаждение и выгрузку) и число циклов (оборачиваемость печи) в зависимости от ее полезной емкости, породы и степени влажности дров приведены в табл. 24.

Таблица 24

Порода дров	Березовые			Сосновые			Еловые		
	100	70	50	100	70	50	100	70	50
Полезная емкость печи, м <sup>3</sup>	100	70	50	100	70	50	100	70	50
	Дрова сырые								
Продолжительность одного цикла (оборота), час. . . . .	186	162	148	174	156	142	180	168	150
Количество циклов печи в месяц . . . . .	3,9	4,45	4,9	4,15	4,6	5,0	4,0	4,3	4,8
	Дрова полусухие и воздушно-сухие								
Продолжительность одного цикла, час. . . . .	160	144	130	148	136	118	172	160	142
Количество циклов печи в месяц . . . . .	4,5	5,0	5,55	4,82	5,25	6,15	4,2	4,5	5,1

При правильном ведении процесса переугливания и нормальной полндревесности кладки дров (68%) выход угля должен быть не менее указанного в табл. 25.



Таблица 25

Наименование угля	Выход угля, 0/0	
	по объему	по весу
Еловый . . . . .	78	35
Сосновый . . . . .	78	35
Березовый . . . . .	60	30
Осиновый . . . . .	60	30

Печь Шварца среднего размера (70 м<sup>3</sup>) при переуглиивании сосновых воздушно-сухих дров может дать за месяц 273 м<sup>3</sup>, или 37,5 т угля, т. е. обеспечить топливом 35 автомобилей.

Уголь можно выжигать также в ретортах емкостью от 2 до 30 м<sup>3</sup>, применяемых в лесохимической промышленности.

Продолжительность переуглиивания в ретортах в зависимости от влажности древесины составляет 16—36 час., причем на подогрев реторты необходим расход дров в размере 30—50% от количества переуглииваемой древесины. Уголь, выжженный в ретортах, содержит большое количество летучих. Для газогенераторов прямого и горизонтального процесса из углей, выжженных в ретортах, может быть использован только березовый. Применение соснового угля, получаемого при смоло-скипидарном производстве, затруднено вследствие большого содержания смолы и пониженных механических качеств.

По качеству выжига первое место занимает уголь, выжженный в печах, так как он обладает меньшей зольностью и удовлетворительным количеством летучих при достаточно хороших механических свойствах. Правда, уголь кучного выжига содержит несколько больше углерода и обладает более высокими механическими качествами, но недостатки как самого угля, так и способа его получения заставляют рекомендовать печной выжиг, тем более что производительность этого способа выжига выше, чем кучного способа, а себестоимость ниже (табл. 26).

Таблица 26

Сравнение производительности и себестоимости различных способов выжига древесного угля

Показатели	Кучи			Печи ЦНИИМЭ		Печи Шварца		
	10 м <sup>3</sup>	40 м <sup>3</sup>	150 м <sup>3</sup>	большая 3,5 м <sup>3</sup>	малая 2,5 м <sup>3</sup>	50 м <sup>3</sup>	70 м <sup>3</sup>	100 м <sup>3</sup>
Производительность на 1 м <sup>3</sup> печи за год, м <sup>3</sup>	185	480	1148	160	140	1998	2520	3240
Себестоимость выжига 1 т угля, руб. . .	300—500			50—200		120—160		

Для выжига угля пригодны все породы древесины, но предпочтение следует отдавать твердым лиственным породам, дающим уголь класса А, т. е. лучшего качества. При выжиге угля из других пород, и особенно мягких, он может применяться только в смеси с углем твердых пород.

Для выжига могут применяться как ствол дерева, так и отходы (вершинки, сучья). С точки зрения рациональности использования древесины в первую очередь должны быть переуглены отходы лесосек (подробнее см. в гл. 9), а затем древесина, идущая на заготовку дров.

Древесина должна иметь влажность в пределах 10—30% абс.; изменение влажности в ту или другую сторону ухудшает ход процесса выжига и снижает производительность. В случае необходимости может допускаться к переуглииванию свежесрубленная древесина всех пород, кроме ели; при этом у дуба и сосны понижается качество угля. Выход угля при переуглиивании свежесрубленной древесины уменьшается, а расход топлива на выжиг увеличивается.

Чем ниже температура воздуха, тем меньше выход угля, так как часть древесины расходуется на покрытие потерь тепла через наружную поверхность печи. По данным Ленинградского НИЛХИ, выход угля в переносных печах зимой понижается на 16% от веса абсолютно сухой древесины.

Приведенные выше технические условия на древесный уголь (табл. 20) требуют определенной размерности кусков. Уголь, выгружаемый из выжигательных печей, имеет самые различные размеры — от мелкой крошки до сучков длиной в 70—80 см. В целях придания углю нужных размеров его сортируют, обычно пользуясь при этом механическими дробилками-сортировками с механическим или ручным приводом. Дробилка осуществляет колку угля и сортировку его на ситах. Недожженные куски автоматически выбрасываются в сторону. Обслуживают дробилку двое рабочих; производительность ее около одной тонны в смену. При отсутствии дробилок может быть применен ручной способ дробления с последующим просеиванием через грохоты. Потери угля при дроблении и сортировке на механических установках для соснового угля равны 10—25%, для березового — 7—17%.

Складирование угля. Хранение готового древесного угля может осуществляться:

- 1) в штабелях под открытым небом;
- 2) под навесом;
- 3) в закрытых сараях или специальных складах.

Основные требования, предъявляемые к хранению древесного угля, определяются его хрупкостью, большой гигроскопичностью и возможностью самовозгорания; требования эти следующие:

- а) хранение угля по сортам (качеству) и по родам; смешение различных углей недопустимо;
- б) сведение к минимуму потерь на измельчение угля (уминку);

в) защита от действия на уголь влаги как атмосферной (дождь, снег), так и почвенной (подтекание, сырое место хранения и т. д.);

г) предохранение угля от засорения пылью, песком и другими минеральными и посторонними примесями;

д) противопожарная безопасность;

е) удобство погрузки и выгрузки угля в склад и из склада.

Следует заметить, что очень удобной формой хранения угля является предварительная расфасовка его в тару весом (в заполненном состоянии) не более 30—40 кг. Заполнение тары производится после окончания дробления и сортировки угля. Тара может быть любого типа. Целесообразны хранение и выдача угля на автомобили в бумажных мешках. Такая расфасовка имеет ряд преимуществ:

1) удобство пользования при заправке автомобиля и хранения возимого запаса;

2) количество угля в мешке может быть строго дозировано по сорту, породе, крупности угля и по количеству, что улучшает его использование.

Потери при хранении и транспортировке угля, согласно инструкции НКЧМ, определяются следующими нормами (табл. 27).

Таблица 27

Потери на уминку угля при транспортировке всеми видами транспорта (в процентах)

Расстояние перевозки, км	Уголь					
	еловый		сосновый		березовый и осинновый	
	по объему	по весу	по объему	по весу	по объему	по весу
До 20 . . . . .	2,25	3,35	2,00	2,80	1,50	2,25
От 20 до 100 . . . . .	2,50	3,75	2,50	3,35	2,00	3,00
Более 100 . . . . .	3,00	4,50	2,75	3,75	2,25	3,35

Кроме того, при хранении у печей, при перевозке на перевалочные склады и погрузке в вагоны потери на уминку принимаются для всех пород угля не выше указанных в табл. 28.

#### Рентабельность применения древесного угля, как автомобильного топлива

Древесный уголь по своим физико-химическим свойствам является высококачественным газогенераторным топливом и имеет ряд преимуществ перед древесной чуркой.

Однако эти качества еще не определяют рентабельности применения угля. В этом смысле интересен сравнительный расчет эф-

фективности использования в газогенераторных автомобилях 1 м<sup>3</sup> древесины при изготовлении из нее чурки и угля (табл. 29).

Таблица 28

Виды операций	Потери на уминку, %	
	по объему	по весу
Хранение у печей . . . . .	1,0	1,3
Хранение на перевалочных складах . . . . .	1,0	1,3
Погрузка в железнодорожные вагоны и подвозка . . . . .	1,0	1,3
Перевозка к железной дороге гужом и по декавилям . . . . .	0,75	1,0
Перевозка на автомобилях на перевалочные склады, к железной дороге, при погрузке через бункеры:		
елового угля . . . . .	5,0	6,5
соснового угля . . . . .	3,5	4,5
березового и осинового угля . . . . .	3,3	4,3
То же при погрузке без бункеров:		
елового угля . . . . .	4,25	5,5
соснового угля . . . . .	2,75	3,5
березового и осинового угля . . . . .	2,6	3,4

Таблица 29

Операции и показатели	1 м <sup>3</sup> древесины при разделке на	
	чурку	уголь
Потери при разделке (механизированным способом) до размера чурок или дров для выжига угля . . . . .	18% = 0,18 м <sup>3</sup>	8% = 0,08 м <sup>3</sup>
Выход готовой продукции (выжиг угля в печах типа ЦНИИМЭ) . . . . .	0,82 м <sup>3</sup> = 230 кг	109 кг
Потери при складировании и транспортировке . . . . .	8% = 0,06 м <sup>3</sup>	5% = 5,4 кг
Поступило для газификации на автомобиль типа ГАЗ . . . . .	0,76 м <sup>3</sup> = 213 кг	103,6 кг
Пробег на этом топливе автомобиля . . . . .	355 км	293 км
Стоимость пробега (при цене за 1 т: чурки — 120 руб., угля — 290 руб.) . . . . .	25 руб. 60 коп.	30 руб.
Стоимость 1 км пробега . . . . .	7,5 коп.	10,2 коп.

На основании табл. 29 можно сделать вывод, что коэффициент использования автомобилем 1 м<sup>3</sup> древесины при разделке на чурки на 21% выше, чем при использовании ее в виде древесного угля. Однако при сравнительной оценке различных видов автомобильного топлива одним из решающих показателей является пробег автомобиля на одном и том же количестве сравниваемых топлив. Произведенные расчеты показывают, что 1 м<sup>3</sup> чурок обеспечивает пробег автомобиля ГАЗ-42 в 534 км (при норме 0,6 кг на 1 км пробега), а 1 м<sup>3</sup> березового угля — в 500 км (при потреблении 0,35 кг на 1 км пробега). Пробег газогенераторного автомобиля на древесной чурке в процентном отношении к пробегу его на древесном угле будет несколько выше полученных значений, так как часть древесного угля будет потеряна вследствие его хрупкости. Таким образом, автомобили на древесной чурке имеют больший запас хода, чем на древесном угле (на 15—20%).

Недостатком древесного угля является нерентабельность его транспортировки. При перевозке угля по железной дороге все виды потерь составляют около 10% (по объему), а при перевозке автотранспортом — около 6—7%, включая потери при хранении. Коэффициент использования грузоподъемности обычного двухосного железнодорожного вагона при перевозке древесного угля равен примерно 0,3—0,4, а грузового автомобиля с нарощенными бортами — 0,6—0,8.

Однако благодаря высоким качествам древесного угля как газогенераторного топлива древесноугольные установки имеют ряд преимуществ перед древесночурочными.

Газогенераторы для древесного угля имеют следующие положительные качества.

1. Вследствие более простой конструкции, снижения расхода металла и меньшей трудоемкости при изготовлении установки она имеет меньшую стоимость, чем установка для древесной чурки. По предварительным данным ЦНИИАТ, эта разница в стоимости довольно значительна (см. табл. 30).

Таблица 30

Наименование установки	Вес установки, кг	Детали		Затрата рабочего времени на изготовление, чел.-час.	Ориентировочная стоимость, руб.
		число наименований	число штук (с нормами)		
Древесночурочная НАТИ Г-59-У . . . . .	396	330	1760	800	3000
Древесноугольная ЦНИИАТ УГ-1 . . . . .	150	167	487	400	1500

2. По произведенным подсчетам, вследствие отсутствия в газе из древесного угля смол и кислот продолжительность работы

древесноугольной установки по сравнению с древесночурочной примерно в 1,5 раза больше. При 30 тыс. км годового пробега автомобиля экономия на ремонтах и амортизации установки составит около 1900 руб. в год.

3. Уменьшение веса установки позволяет повысить грузоподъемность газогенераторного автомобиля с 1,2 до 1,4 т, что дает дополнительно около 3500 т-км в год.

Суммарная эффективность применения древесного угля может быть оценена путем следующего расчета величины затрат на эксплуатацию автомобиля с годовым пробегом в 30 тыс. км (табл. 31)\*.

Таблица 31

Наименование расходов	Древесный уголь		Древесная чурка		Бензин	
	ГАЗ	ЗИС	ГАЗ	ЗИС	ГАЗ	ЗИС
	в р у б л я х					
Топливо . . . . .	3398	5520	2580	4260	1200	2010
Ремонт и технический уход . . . . .	7230	7710	8070	8112	3960	6090
Амортизация и капитальный ремонт . . . . .	3720	3960	4140	4410	2760	2010
Прочие расходы . . . . .	17152	21120	17425	21318	15180	19470
Итого	31500	38310	32215	38100	23100	29580
Себестоимость 1 т-км, руб. — коп. . . . .	1—32	0—89	1—57	0—89	0—90	0—58
Себестоимость 1 маш.-км руб. — коп. . . . .	1—05	1—28	1—07,5	1—27	0—77	0—98,5

В приведенном расчете стоимость топлива принята для угля 180 руб/т (выжиг в печах Шварца), а для чурки — 150 руб/т (при механической разделке). Учитывая малую механическую прочность угля, для получения его действительной стоимости необходимо сделать поправку на потери во время хранения и транспортировки, которые составляют около 8%, а с разделкой угля (дроблением) — до 18%.

Кроме того, необходимо учесть возможность применения угля кучного выжига, стоимость которого равна 380 руб/т и выше, и отходов древесноугольного топлива для металлургии стоимостью 30 руб/т.

\* Подробнее см. главу 14.

Себестоимость эксплуатации газогенераторного автомобиля при этих условиях приведена в табл. 32.

Таблица 32

Топливо	Стоимость 1 т угля на месте его выжига	Потери при хранении и транспорте	Стоимость 1 т за вычетом потерь, руб.	Стоимость 1 маш.-км, руб.—коп.		Стоимость 1 т-км, руб.—коп.	
				ГАЗ	ЗИС	ГАЗ	ЗИС
Уголь древесный:							
печной . . . . .	180	18 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	220	1-02,8	1-23,6	1-28,9	0-86,5
кучной . . . . .	380	18 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	464	1-11,3	1-37,5	1-40	0-96,2
отходы . . . . .	30	8 <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	32,60	0-96,2	1-13,0	1-20,7	0-79,1

Обобщая результаты всех приведенных выше расчетов, можно сделать вывод, что применение газогенераторных автомобилей, работающих на древесном угле, целесообразно только при минимальном расстоянии транспортировки угля от места его выжига, так как потери угля при перевозке и затраты на нее значительно повышают стоимость топлива, а следовательно, и стоимость эксплуатации автомобиля. Благоприятные условия для работы автомобилей на древесном угле имеются в районах выжига угля для металлургии, в районах лесохимической промышленности и т. д.

Повышение эффективности использования древесного угля в газогенераторных автомобилях достигается его брикетированием (см. гл. 8).

Брикеты имеют ряд преимуществ перед древесным углем:

- 1) насыпной вес брикетов равен 550—650 кг/м<sup>3</sup>, т. е. в 3,5—4 раза больше, чем древесного угля;
- 2) по теплотворности брикеты равноценны древесному углю, а в объемном исчислении (на 1 л) их теплотворность значительно выше;
- 3) прочность брикетов гораздо выше чем угля;
- 4) при равном объеме брикеты обеспечивают пробег автомобиля, в три-четыре раза больший, чем уголь;
- 5) для производства брикетов возможно использование мелкого угля — отходов при углежжении для нужд металлургии.

Стоимость эксплуатации автомобиля на брикетах незначительно отличается от стоимости эксплуатации на древесном угле.

## Глава 5

### ТОРФ, КАК ТОПЛИВО ДЛЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Распространенность торфа почти по всей территории Советского Союза и сравнительно легкая добыча его делают весьма заманчивым применение торфа в автомобильных газогенераторах.

Однако ряд свойств торфа значительно ограничивает возможности его использования в газогенераторах.

Основное условие для образования торфа — избыточная влажность.

Характер питающей торфяник воды во многом определяет свойства и качества торфа. Такими водами могут быть атмосферные, бедные минеральными солями, или грунтовые, содержащие их в весьма значительных количествах. В зависимости от характера питающей воды меняется растительность торфяника. По виду растительности, отлагающейся при образовании торфа, он подразделяется на верховой, низинный и переходный (образуется в условиях более бедного минерального питания, при довольно значительном, постепенном обводнении болота). В соответствии с характером растительности, образующей торф, меняются его структура и ряд физико-химических свойств. В зависимости от типа растительной среды современной классификацией насчитывается 23 вида торфа (табл. 33).

Основные качества торфа определяются следующими характеристиками:

- 1) ботаническим составом,
- 2) степенью разложения,
- 3) удельным весом,
- 4) влажностью,
- 5) зольностью и температурой деформации золы,
- 6) теплотворностью,
- 7) механической прочностью,
- 8) насыпным весом,
- 9) содержанием серы.

1. **Ботанический состав** торфа определяет его качества в зависимости от среды, которая легла в основу его образования. По естественной классификации ископаемых углей (см. табл. 1) торф по видам его происхождения может быть сапропелитовым, гумусовым и смешанным. Сапропелитовый торф образуется на месте непроточных водоемов из растительных и животных организмов, главным образом из одноклеточных альг (планктона), со значительными примесями песка, глины и растительности, занесенных в эти водоемы с суши. Он содержит много растворимых кислот, смол, часто имеет высокую зольность, достигающую до 50%, и дает спекающийся и вспучивающийся шлак. Поэтому сапропелитовый торф непригоден для использования в автомобильных газогенераторах. Для газогенераторов применяется торф растительного происхождения (гумусовый и смешанный — гумусово-сапропелитовый).

Растительность, образовавшая торф, вносит в него свои характерные особенности, из которых для нас наиболее важна зольность (табл. 34).

Эти первоначальные свойства торфообразующих растений передаются торфу, вследствие чего низинный торф имеет большую зольность, чем верховой.

Таблица 33

## Технические показатели по видам торфа для средней полосы Европейской части СССР

Тип торфа	Группа торфа	Вид торфа	Технические свойства торфа			Теплотворность абсолютно сухого торфа, кал/кг
			влажность, %	степень разложения, %	зольность, %	
Низинный	Лесная	Ольхово-лесной . . . . .	87—90	43—61	10—18	4550
		Березово-лесной . . . . .	То же	38—64	7—16	То же
		Елово-лесной . . . . .	"	36—60	—	"
	Топяно-лесная	Осоково-ивово-лесной . . . . .	90,5	37—53	9—22	—
		Осоково-лесной . . . . .	89,5	28—50	6,5—15	5000
		Тростниково-лесной . . . . .	90,0	38—58	9—17	4900
		Осоково-сфагново-лесной . . . . .	91,0	31—37	—	—
	Топяная	Хвощёво-топяной . . . . .	—	24—48	6—16	—
		Тростниково-топяной . . . . .	—	24—54	5,5—13	4930
		Гипново-топяной . . . . .	92,5	14,5—26	6—10	5180
Осоково-топяной . . . . .		91,6	18—38	4,4—8,4	5290	
Шейхцериёво-топяной . . . . .		92,0	17—45	3,5—7,9	5400	
Сфагново-топяной . . . . .		93,2	15—37	3,2—7,2	5240	
Переходный	Переходно-лесной . . . . .	90,5	26—45	3,2—5,6	5130	
	Переходно-топяной . . . . .	92,0	15—43	2,8—5,6	5250	
	Шейхцериёвый переходный . . . . .	92,5	20—37	2,6—5,2	5350	
Верховой	Пушицевый верховой . . . . .	—	55	1,8—4,6	5760	
	Сосново-кустарниковый . . . . .	87—89	24—68	1,8—4,6	5650	
	Сосново-пушицевый . . . . .	—	32—60	1,8—4,6	5760	
	Шейхцериёво-верховой . . . . .	93,6	24—50	1,8—4,6	5360	
	Медиум . . . . .	91,7	12—24	1,6—4,2	5380	
	Комплексный верховой . . . . .	92,7	10—28	1,8—3,2	5320	
	Фускум . . . . .	94,2	11—27	1,8—3,3	5140	

Таблица 34

Виды растительности	Содержание золы в сухом растении, м <sup>3</sup>
Растения низинных болот	
Береза . . . . .	0,75
Осока . . . . .	6,30
Тростник . . . . .	5,40
Зеленый мох . . . . .	5,21
Растения верховых болот	
Сосна . . . . .	1,80
Пушица . . . . .	2,72
Сфагнум — мох . . . . .	2,90

2. Степень разложения торфа является одним из важных показателей его качества. Под степенью разложения понимается соотношение между гумусом (т. е. разложившейся органической частью растений) и растительными остатками, еще не гумифицировавшимися. Степень разложения зависит от интенсивности биохимического распада растительных тканей, а не от возраста торфа, и с ней связан ряд физических и химических свойств торфа.

Средняя степень разложения торфа для средней полосы Европейской части СССР, выведенная по материалам многочисленных исследований, приведена в табл. 35\*.

Таблица 35

Степень разложения торфа	Химический состав органической массы в % по весу					Удельный вес сухого вещества
	C	H	O	N	S	
Мало разложившийся . . . . .	47—54	5,9—7,5	46,4—37,1	0,7—1,4	—	Около 1,6
Среднеразложившийся . . . . .	54—58	5,9—6,5	39,3—32,9	0,7—1,4	0,1—0,2	—
Хорошо разложившийся . . . . .	58—62	5,9—7,5	35,3—20,9	0,7—1,4	0,1—0,2	Около 1,3

Степень разложения торфа влияет на такие важные для автомобильного газогенераторного топлива показатели, как состав органической массы и удельный вес.

Приведенные в табл. 35 значения степени разложения торфов изменяются для Ленинградской области и Севера в сторону понижения, а для Украины — в сторону повышения.

3. Удельный вес торфа зависит от его ботанического состава, степени разложения, пористости, влажности и зольности. Для торфа различают два удельных веса — истинный и кажущийся. Истинный удельный вес — это вес единицы объема абсолютно сухого (беспористого) торфа.

Для практических целей более важен кажущийся удельный, или объемный, вес, выражаемый весом единицы объема пористого вещества. Зависит он от типа торфа, степени его разложения и влажности (табл. 36). Для газогенераторных автомобилей объемный вес топлива определяет величину пробега на единице объема топлива.

4. Влажность и влагоемкость торфа. Влажность торфа будет тем выше, чем больше его пористость и меньше степень разложения. Влажность низинного торфа значительно ниже, чем верхового, и в среднем составляет около 40%, в то время как влажность верхового торфа равна 70 и даже 100%. Характеристика

\* С. Н. Тюрёмнов. Торфяные месторождения. ГОНТИ, 1940 г.

Таблица 36

Объемный вес верхового торфа  
(по С. А. Сидякину)

Влажность, %	Степень разложения, %					
	10	20	30	40	50	60
95	0,974	—	—	—	—	—
90	0,706	0,904	0,995	1,047	—	—
80	0,455	0,646	0,752	0,819	0,867	0,901
70	0,336	0,502	0,605	0,673	0,723	0,761
60	0,266	0,411	0,596	0,571	0,484	0,659
40	0,188	0,301	0,381	0,438	0,385	0,519
30	0,164	0,266	0,339	0,392	0,435	0,469
20	0,145	0,238	0,306	0,355	0,396	0,428
10	0,130	0,215	0,278	0,325	0,336	0,394
0	0,118	0,197	0,255	0,299	0,335	0,357

влагосодержания отдельных видов торфа (залежи) приведена выше, в табл. 33. Влагоемкостью торфа называется его способность удерживать в себе влагу под влиянием молекулярных и капиллярных сил. В табл. 37 показана зависимость влагоемкости от степени разложения верхового торфа.

Таблица 37

Степень разложения торфа, %	20	25	30	45	60
Полная влагоемкость, %	2200	2036	1736	1314	983

Влажность торфа связана с изменением его свойств при промораживании. Промороженный торф изменяет свои свойства, причем наиболее значительные изменения происходят в торфе, извлеченном из залежей и оставленном на зиму на открытом воздухе.

Характеристика изменений, происходящих в торфе при промораживании, приведена в табл. 38.

Таблица 38

Изменения свойств верхового торфа  
со степенью разложения в 25%  
под влиянием промораживания

Показатели свойств	Непромороженный торф	Промороженный торф
Усадка, %	55	40
Объемный вес	0,44	0,34
Влагоемкость, %	279	393
Понижение механической прочности, %	—	15—16

Изменения свойств торфа при промораживании значительны лишь при его влажности выше 40—50%.

**5. Зольность торфа.** Одним из важнейших показателей газогенераторного топлива является содержание золы и ее свойства. Содержание золы в торфе определяется факторами, указанными выше. Для качественной характеристики золы газогенераторного топлива наиболее важно изменение ее состояния при высоких температурах, зависящее от химического состава золы. Приблизительно температура плавления торфяной золы может быть определена по ее цвету, который меняется следующим образом (по материалам ЦНИИАТ):

красно-бурая окраска — температура плавления 950—1050° С;  
бледно-розовая окраска — температура плавления 1050—1150° С;  
светлосоломенная окраска — температура плавления 1200—1300° С.

Средняя характеристика плавкости золы по видам торфа приведена в табл. 39.

Таблица 39

Характеристика состояния золы	Верховой торф	Низинный торф
Температура деформации	1080°	980—1080°
Температура размягчения	1150°	1050—1100°
Температура плавления	1200°	1080—1130°

**6. Содержание серы.** Наличие серы в торфе обусловливается разложением органических веществ, содержащих белковые соединения, и главным образом разложением сульфатов минерального происхождения, поступающих в торфяник с грунтовыми водами. Поэтому низинный торф содержит серы больше, чем верховой. Так, среднее содержание серы в торфе низинного типа колеблется от 0,30 до 2,27%, а в верховом торфе — от 0,15 до 0,41%.

**7. Содержание летучих.** Торф содержит большое количество летучих — в среднем около 73% на горючую массу, с колебаниями от 68,5 до 75,5%. При сухой перегонке торфа, кроме кокса, получают продукты, схожие с получаемыми при сухой перегонке дерева (смолистые вещества, уксусная кислота и т. д.). Эти продукты вредно влияют на работу двигателя и газогенератора, заставляя применять при газификации торфа обращенный процесс. Низинный торф дает меньший выход битумов, чем верховой.

**8. Теплотворность торфа** зависит от степени его разложения, с повышением которой растет количество гуминовых веществ и битумов. По сравнению с другими, соседними по классификации, топливами состав органической массы и теплотворность торфа (средняя) изменяются следующим образом:

древесина	S = 50%, N = 6,0%; Q = 4500 кал/кг
торф	S = 57%, N = 5,8%; Q = 5400 кал/кг
бурый уголь	S = 70%, N = 5,0%; Q = 6200 кал/кг

Низинный торф вследствие повышенной зольности имеет меньшую теплотворность, чем верховой.

С повышением степени разложения теплотворность торфа увеличивается.

**9. Механическая прочность торфа** зависит от величины капиллярных сил поверхностного натяжения воды, находящейся в торфе, и отчасти от сил непосредственного сцепления твердых частиц торфа друг с другом. Прочность верхового торфа выше, чем низинного. С механической прочностью кускового торфа связана также его крошимость. Наиболее стойкие в этом отношении виды торфа — верховой и низинный топяной. Количество крошки (размером менее 25 мм) увеличивается при увеличении срока хранения в штабелях и уменьшении влажности около поверхности. Низинный торф при хранении в штабелях через 14 дней дает около 5,5% мелочи, а через год — 45,5%. При влажности 56,4% низинный торф дает около 2% мелочи, а при влажности 25,6% — 16%.

### Способы добычи торфа

Способы добычи торфа существенно влияют на его качество и возможность использования для газогенераторных автомобилей. Применяются следующие способы добычи торфа.

**1. Резной способ** (наиболее примитивный). Добыча производится вручную, путем вырезывания кусков торфа в форме кирпичей и воздушной сушки их. Требуется предварительная подсушка разрабатываемого торфяника. Получаемые кирпичи неоднородны по составу содержащейся в них торфяной массы и имеют слабую механическую прочность. В настоящее время в связи с механизацией торфоразработок резной способ добычи торфа почти не применяется, за исключением мелких разработок для нужд отдельных предприятий, колхозов и т. д.

**2. Фрезерный способ.** Подготовленную и осушенную залежь взрыхляют фрезерными барабанами на глубину 15—30 мм. Взрыхленный слой быстро подсыхает и собирается с поверхности залежи в штабели, или «караваны». Так постепенно разрабатывается вся залежь. Влажность получаемой торфяной крошки колеблется в пределах 40—45%. Меньшая влажность приводит к дополнительному размельчению торфа. Однородность крошки зависит от степени однородности разрабатываемой залежи.

**3. Гидравлический способ** (гидроторф). Торфяная залежь размывается струей воды, подаваемой под давлением в 10—15 атм. Получаемая каша поступает с помощью насоса в растиратель, из которого она перекачивается в сборные аккумуляторы, а оттуда подается на поля разлива (сушки). По высыхании массы из нее формуют кирпичи, подвергающиеся затем сушке до воздушно-сухого состояния. Все участки с глубиной залежи менее 1,5 м и полезной площадью менее 250 га непригодны для добычи торфа этим способом.

**4. Багерный способ.** Торф добывается из залежи механизированным способом — путем экскавации его из залежей черпаками багера, с дальнейшей переработкой на прессе и подачей на поля сушки. Основное требование к залежи при применении этого способа — малая пнистость (не выше 0,5%). Поэтому добыча торфа багерным способом весьма ограничена.

**5. Элеваторный способ.** Выемка торфа из залежи производится вручную, лопатами. Транспортировка осуществляется пресс-элеватором. Переработанный торф выталкивается из пресса через мундштук в виде бруса, разрезаемого на кирпичи; последние транспортером доставляются на поля сушки. Для разработки этим способом пригодны любые залежи со степенью разложения не менее 15% для низинного и 18% для верхового торфа.

**6. Гидро-элеваторный способ** (малый гидроторф). Торф добывается и обрабатывается гидравлическим способом. Элеватор приспособлен для транспортировки с места разработки жидкой кашицы, полученной путем действия сильной струи воды.

**7. Скреперно-элеваторный способ.** Экскавация торфяной массы из карьера производится при помощи снаряда (скрепера), срезающего торф тонкой (50—80 мм) стружкой и транспортирующего его в элеватор. Для данного способа пригодны все виды залежей с пнистостью не выше средней.

**8. Гидро-скреперный способ.** Жидкая масса гидроторфа поступает в специальные отстойники, где путем отстоя, испарения и фильтрации воды в грунт сгущается до влажности 86—91%. После этого масса при помощи скреперного механизма подается на поля сушки. Для применения гидро-скреперного способа пригодны все залежи, разрабатываемые гидравлическим способом.

Сравнительная оценка производительности работ по добыче торфа различными способами приведена в табл. 40.

Нормативами Главторфа установлено следующее нормальное число рабочих дней в сезоне в зависимости от климатических условий в районе работ:

для фрезерного способа . . . . .	от 45 до 58
для багерного способа . . . . .	от 87 до 100
для гидроторфа . . . . .	от 90 до 100
для элеваторного способа . . . . .	от 93 до 106

Для получения автомобильного газогенераторного топлива лучше всего применять машинно-формовочный и багерный способы разработок, так как они дают торф, спрессованный в кирпичи, примерно равноценные по степени однородности массы (что весьма важно для газогенераторного топлива).

Гидроторф дает продукцию с повышенным содержанием золы, так как при размывке залежи струей воды и при сушке гидромассы на полях разлива к торфу добавляются различные минеральные примеси (песок, пыль и т. д.).

Выход торфа при различных способах добычи \*

Способ добычи	Объемный вес после переработки торфодобывающим агрегатом			Условная влажность сухого торфа, %	Практический выход торфа из 1 м <sup>3</sup>		
	верховая залежь	смешанная залежь	низинная залежь		верховая залежь	смешанная залежь	низинная залежь
Элеваторный	1,0	1,02	1,03	33,0	0,15	0,18	0,225
Багерный							
Скреперно-элеваторный					1050	850	700
Гидроторф:							
а) агрегаты НС	1,01	1,01	1,02	33,0	0,04	0,056	0,077
б) агрегаты СС	1,01	1,01	1,02	33,0	0,038	0,053	0,072
Гидро-элеваторный	1,01	1,01	1,02	33,0	0,043	0,060	0,08
Фрезерный	0,6	0,65	0,7	40—33	0,125—0,115	0,155—0,140	0,190—0,170

\* М. А. Веллер, П. А. Ефимов, В. Я. Антонов, В. В. Блюменберг. Производство торфяного топлива, часть 2. Госэнергоиздат, 1941 г.

Резной способ добычи дает кирпичи торфа, неодинаковые по качеству и составу и часто с повышенной зольностью (вследствие срезания минеральных прослоек в залежи торфа).

Крошка, получаемая при фрезерном способе добычи, легко рассыпается при высыхании и механических воздействиях и поэтому не может быть успешно газифицирована в автомобильных газогенераторах.

#### Особенности газификации торфа в автомобильных газогенераторах

Первые опыты применения торфа для газогенераторных автомобилей в СССР относятся к 1931 г. За 17 лет, прошедшие с тех пор, было проведено много различных экспериментов по газификации и использованию его в качестве топлива для автомобилей. Эти эксперименты показали, что газификация торфа возможна, но высокая зольность и низкая температура плавления золы рядового торфа затрудняют его эффективное использование в стандартных газогенераторных установках.

По сравнению с газом, получаемым при газификации древесной чурки, генераторный газ из торфа содержит больше твердого уноса, смол и влаги. Частицы золы торфа мельче, чем частицы древесной золы, и легче уносятся потоком газа из генератора. Поэтому попытки использования торфа в обычных газогенераторных установках для древесных чурок давали положительные результаты только в том случае, если применялся торф высокого качества, специально отобранный из рядовых сортов. Зольность такого торфа должна быть не выше 3—4%, при температуре плавления золы не ниже 1200°С. Для возможности газификации торфа пониженного качества необходимо введение в конструкцию стандартных газогенераторных установок ряда изменений или создание специальной установки для газификации торфа.

Испытания показали, что весьма хорошие результаты дает конструкция камеры газификации обычного стандартного газогенератора ГАЗ-42 или ЗИС-21 с изменениями, произведенными инженерами Соколовым и Балабановым.

Кроме вопроса локализации вредного влияния золы при применении торфа в автомобильных газогенераторах, весьма важное значение имеет успешное решение вопросов очистки газа от смол и пыли. Торф принадлежит к числу битуминозных топлив, содержащих значительное количество смол и дающих при газификации крошку, пыль и значительное количество золы. Известные до настоящего времени установки для газификации торфа дают газ, содержащий не менее 5—7 г твердых уносов и до 120—140 г водяных паров на 1 м<sup>3</sup> сухого нормального газа. Температура выходящего газа колеблется в пределах от 350 до 550°С. Такой газ необходимо предварительно очистить и охладить.



Сравнительная периодичность чистки различных газогенераторных установок, работающих на торфе

Марка и тип газогенераторной установки	Чистка агрегатов после пробега автомобиля, км							полная с разборкой
	зольника газогенератора	секции грубого очистителя	тонкого очистителя	циклонов	охлаждителя	фильтра	бункера без разборки	
ЗИС-21 на древесной чурке . . . . .	800	800	5000	—	—	—	500	10000
НАТИ Г-58-У . . . . .	150—200	—	—	150—200	1200—1400	600—700	600—1000	—
ЗИС-21 на торфе . . . . .	150—200	300—400	2000—2500	—	—	—	2000—2500	4000—5000
Инсторф-НАТИ . . . . .	400—500	—	—	400—500	800—1000	800—1000	—	—
ГАЗ-НАТИ Г-59-У . . . . .	400	800—1000	2000	—	—	—	500—600	—
ЗИС-НАТИ Г-69-У . . . . .	250—300	300—500	2000	—	—	—	500—600	—

В табл. 41 приведена характеристика работы ряда конструкций газогенераторов, приспособленных для газификации торфа\*. Приведенные в табл. 41 данные и опыт работы различных организаций по газификации торфа позволяют сделать вывод, что торф вполне пригоден для газификации в автомобильных газогенераторах, но ряд его специфических свойств (высокая зольность, низкая температура плавления золы, высокий процент содержания влаги и смол, малая механическая прочность) требует разработки специальной конструкции газогенератора с усиленной системой очистки и охлаждения газа. Однако такая конструкция до сих пор еще не создана. Поэтому технические требования к торфу как к автомобильному газогенераторному топливу (табл. 42) рассчитаны на существующие конструкции газогенераторов и могут значительно изменяться при создании новых, более совершенных конструкций.

Таблица 42

Технические требования к кусковому торфу, как топливу для газогенераторных автомобилей

Показатели качества	Размерность	Для газогенератора, приспособленного для газификации торфа	Для стандартных газогенераторов, работавших на древесной чурке
Влажность W <sup>P</sup> нормальная . . . . .	%	20—30	20—30
Зольность A <sup>P</sup> максимальная . . . . .	%	8	4
Температура разжижения золы минимальная . . . . .	°C	1200	1200
Степень разложения торфа M . . . . .	%	не ниже 20—25	не ниже 25—30
Содержание серы (общей) . . . . .	%	не более 0,1	не более 0,1
Размер кусков . . . . .	мм	В зависимости от конструкции газогенератора в среднем 50×50×60	

Этим требованиям наиболее полно удовлетворяет торф верхового типа (видов медиум, фускум), а также некоторые сорта комплексного верхового и шейхцериево-верхового типов; характеристика этих видов торфа дана выше.

Высокие требования, предъявляемые к торфу при его газификации в автомобильных газогенераторах, не дают возможности использовать для этой цели любой торф, поэтому общие запасы и месторождения торфа должны быть рассмотрены с точки зрения пригодности их к использованию в автомобильных газогенераторах.

Площади торфяных залежей в СССР распределены неравномерно. Основные из них находятся в западной, северо-западной и центральной части СССР. Южная граница основных торфоносных районов проходит примерно по линии: Каменец-Подольск —

\* См. также главу 8, раздел о торфобрикетах.

Балта — Кременчуг — Полтава — Белгород — Воронеж — Ртищево — Сызрань — Мелекес — Стерлитамак — Челябинск — Курган — Новосибирск — Усть-Каменогорск и далее по государственной границе до р. Амур, а затем на Хабаровск — Николаевск — Сахалин.

Далеко не все месторождения торфа достаточно хорошо изучены. По многим районам имеются только общие характеристики, дающие возможность лишь предполагать наличие или отсутствие торфа нужных качеств. На основании краткой характеристики месторождений торфа, приведенной в работе С. Н. Тюремнова «Торфяные месторождения», можно сделать вывод, что основными районами СССР, богатыми торфом, пригодным для газификации в автомобильных газогенераторах, являются: Архангельская, Вологодская, Тюменская, Омская, Свердловская, Ленинградская, Калининская, Ивановская, Московская, Смоленская, Горьковская, Ярославская области и Коми АССР.

Менее богаты торфом нужного качества Белорусская, Карело-Финская и Грузинская ССР, Рязанская, Новосибирская, Тульская, Орловская, Кировская, Молотовская, Челябинская и Хабаровская области, Чувашская, Мордовская и Башкирская АССР.

Остальные районы СССР совсем (или почти совсем) не имеют торфа, пригодного для газификации в автомобильных газогенераторах.

Распределение ресурсов торфа на территории СССР показывает, что наиболее мощные запасы качественного торфа сосредоточены в областях, богатых лесом. Следовательно, в этих районах в качестве газогенераторного топлива могут быть использованы также древесная чурка и древесный уголь. Вопрос о рентабельности применения торфа должен решаться в сравнении с древесной чуркой и древесным углем.

Сравнительные эксплуатационные показатели работы автомобиля на этих трех видах газогенераторного топлива приведены в табл. 43. Для сравнения с древесной чуркой и углем (березовым) взят машинно-формовочный кусковой торф верхового типа с объемным весом 0,369, при влажности 30%, степени разложения 35% и зольности 8%.

Таблица 43

Показатели	Торф кусковой	Чурка древесная березовая	Уголь древесный березовый
Объем газифицируемого топлива, м <sup>3</sup>	1	1	1
Вес его, кг	369	320	175
Расход топлива на 1 км для ГАЗ, кг	0,7	0,6	0,35
Пробег автомобиля на этом топливе, км	527	534	500

Приведенные данные показывают, что при одинаковой загрузке (по объему) топлива пробег газогенераторного автомобиля на торфе будет меньше, чем на древесных чурках, всего на 1,3%.

Практика газификации торфа в приспособленных для этого конструкциях подтверждает данный расчет.

Таким образом, в этом отношении торф почти не уступает древесной чурке. Сравнительные показатели стоимости работы автомобилей на торфе и чурке приведены в гл. 14.

Очень важным показателем эксплуатационных качеств газогенераторных автомобилей при работе их на том или ином виде топлива является надежность работы установки и периодичность ее обслуживания. Несмотря на то, что до сих пор не создано газогенераторной установки, полностью отвечающей требованиям газификации торфа, объем и периодичность обслуживания газогенератора, работающего на торфе, очень немногим отличаются от соответствующих показателей для установки, работающей на древесной чурке (при условии, что газифицируется торф, соответствующий техническим требованиям). Так, газификация торфа в стандартной газогенераторной установке для древесной чурки с незначительными конструктивными изменениями дала следующие результаты по периодичности обслуживания (табл. 44).

Таблица 44

Топливо	Очистка зольника	Догрузка топлива в газогенератор	Перезарядка генератора	Шуровка через верх бункера	Очистка грубых очистителей	Промывка колец Рашига
	км пробега автомобиля				км пробега автомобиля	
Кусковой торф	160	50—70	Не требуется	Перед догрузкой топлива	600	3000—4000
Древесная чурка	200	70	То же	То же	660—800	2000

Качества торфа могут быть значительно улучшены при соответствующей переработке его, в частности, путем брикетирования или коксования. При этом устраняется часть дефектов кускового торфа. Подробнее этот вопрос рассмотрен в гл. 8.

## Глава 6

### БУРЫЙ УГОЛЬ,

#### КАК АВТОМОБИЛЬНОЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЕ ТОПЛИВО

По своей химической природе бурый уголь занимает промежуточное положение между торфом и каменным углем. Остатки растительного материала, послужившего основой образования торфа и ясно различимые в нем, при переходе в бурый уголь исчезают из его структуры. Так как бурый уголь является продолжением торфяной стадии разложения растительного материала, его состав и качества тесно связаны с классом торфа, послужившим основой для его образования.

В соответствии с естественной классификацией ископаемых углей различают четыре класса бурых углей.

1. **Богхеды.** Являются продолжением стадии разложения сапропелитового торфа; они дают высокий выход первичного дегтя и при сжигании — до 50—65% минерального остатка (зола). Масляные сланцы (более старые по химическому возрасту богхеды) содержат значительное количество масел, сходных с нефтью, и служат сырьем для получения жидких топлив. Вследствие высокой зольности и малого количества летучих углей этого класса для газификации в газогенераторных автомобилях непригодны.

2. **Класс гумусовых углей.** Включает бурые угли (битуминозные и тощие), образовавшиеся на основе растительного торфа. Остаток после сжигания порошкообразный, неспекающийся.

3. **Класс смешанных сапропелито-гумусовых углей.** Эти угли образовались преимущественно из сапропелитовых торфов. При перегонке выделяют значительное количество дегтя.

4. **Класс смешанных гумусо-сапропелитовых углей.** Включает в себя бурые угли рыхлого или плотного образования. В этих углях преобладает гумусовая часть (растительного происхождения). Кокс и полукокс получают порошкообразные, неспекающиеся. Угли этого класса подразделяются на тощие и битуминозные. Тощие угли дают выход битума 2—3% и низкий выход первичного дегтя, а битуминозные — выход битума 5—8% и первичного дегтя до 15%.

Наибольшее распространение имеют бурые угли смешанного происхождения (классов 2 и 3).

Кроме классификации по химическим признакам, бурые угли подразделяются по внешнему виду на: лигнитовые, землистые, сланцевые и смолистые.

Углерода в буром угле больше, а водорода и кислорода меньше, чем в торфе. Бурые угли содержат значительное количество влаги, минерального остатка (зола) и летучих веществ. Поэтому газификация этих углей должна осуществляться по обращенному процессу. Кокс большинства бурых углей непрочен, порошкообразен. В табл. 45 приведена характеристика бурых углей различных типов.

Таблица 45

Угли	Состав органической массы, % по весу				Выход битума (спиртобензол), %	Выход гуминовых кислот, растворимых в щелочи, %	Зола в сухом веществе, %	Содержание влаги в топливе, %
	C	H	O	N				
Сапропелиты								
Плотный хахарейский	76,5	9,8	11,87	0,83	4,0	—	3,98	14,79
Слоистый	78,5	10,73	8,74	1,24	10,3	—	5,5	21,4
Гумусовые угли								
Землистые мягкие	67,85	6,16	25,99	—	9,1	35,6	12,5	14,6
Лигнитовые мягкие	65,4	5,33	29,29	—	9,5	25,4	8,75	16,1
Твердые	73,5	5,9	20,6	—	12,8	11,7	6,14	8,4
Блестящие	71,35	5,88	22,77	—	6,2	9,3	10,3	11,0
Челябинский	71,2	4,72	24,08	—	4,0	7,8	7,2	18,4

Основные параметры бурых углей СССР (средние по месторождению), определяющие возможность их использования в качестве автомобильного газогенераторного топлива, приведены в табл. 46\*.

Таблица 46

Месторождения	Элементарный состав в %						Теплотворность, кал/кг		Температура начала деформации золы, °C
	C <sup>r</sup>	H <sup>r</sup>	S <sup>r</sup>	V <sup>r</sup>	A <sup>c</sup>	W <sup>p</sup>	Q <sub>н</sub> <sup>r</sup>	Q <sub>н</sub> <sup>p</sup>	
Подмосковный бассейн	68,5	5,0	4,7	45,0	27,0	33,0	6290	2830	1354
Боровичское, Ленинградской обл.	68,5	5,7	10,3	49,0	28,0	30,0	6820	3260	—
Украинские	64,8	5,7	4,9	56,4	28,0	51,9	5960	1740	1185
Уральские	82,3	3,6	2,0	25,2	24,0	14,6	7068	4525	1250
Караганда	—	—	—	40,0	17,5	27,0	—	—	—
Узбекской и Казахской ССР	76,3	4,67	1,9	35,3	17,5	16,6	6956	4660	1148
Восточной и Западной Сибири	75,1	5,3	1,15	42,9	15,5	23,1	6953	4418	1140
Якутии и Дальнего Востока	73,6	5,0	0,54	32,8	24,7	16,0	7327	4725	1180

Из сравнительной характеристики бурых углей различных районов СССР, приведенной в табл. 46, можно сделать следующие выводы о возможности применения бурого угля в качестве топлива для газогенераторных автомобилей.

1. Высокое содержание влаги увеличивает возможность смерзания угля при хранении, ухудшает процесс газификации, увеличивает расход топлива и уменьшает теплотворность газа. Для газификации должен применяться уголь с влажностью не более 30%.

2. Большинство бурых углей имеет высокую зольность. Для применения в газогенераторных автомобилях необходим отбор малозольных углей или уменьшение зольности угля путем удаления примесей, попавших в него во время добычи, хранения и т. д., т. е. обогащение угля. Наличие значительных количеств золы не только усложняет газификацию и уход за генератором, но вызывает уменьшение теплотворности угля. Вместе с золой уносится часть углерода топлива.

\* А. И. Карелин. Состав и качество топлив СССР. Изд. НКЭП СССР, 1940 г.

Бурый уголь, применяемый для автомобильных газогенераторов, должен содержать не более 10% золы с температурой плавления не ниже 1200°С.

3. Наличие в буром угле серы приводит к образованию в процессе газификации сероводорода и окислов серы, которые разрушают металлические части газогенератора и двигателя автомобиля. Очистка газа от серы в автомобильной газогенераторной установке крайне затруднена, так как она требует применения весьма значительных количеств твердых поглотителей (болотная руда, известь, активированный уголь) или громоздких устройств для мокрой очистки газа. Поэтому борьба с вредным влиянием серы ограничивается пока отбором топлив с содержанием серы не выше 1%.

4. Отрицательным качеством бурых углей является их малая механическая прочность. Большинство бурых углей легко выветривается и распадается, давая до 30—40% мелочи и пыли.

#### Газификация бурого угля в газогенераторных автомобилях

Широкое распространение месторождений бурого угля по всем районам СССР, невысокая стоимость угля (16—55 руб/т), большой насыпной вес и теплотворность, чем древесины и торфа, привлекли к нему внимание при решении вопроса о развитии отечественного газогенераторного автопарка. Над газификацией бурого угля в автомобильных газогенераторах работали и научно-исследовательские учреждения, и непосредственно автомобильные хозяйства, заинтересованные в решении этого вопроса.

Опыт газификации бурого угля в генераторах различных конструкций (отечественных и зарубежных) показал, что основной трудностью является устранение вредного влияния больших количеств золы и смол, содержащихся во многих сортах бурого угля.

Конструкции испытанных газогенераторных установок, работающих на буром угле, имеют ряд недостатков, препятствующих внедрению их в широкую эксплуатацию. Однако использование бурого угля как топлива для газогенераторных автомобилей вполне возможно.

Этот вывод подтверждают опыты по газификации бурого угля в газогенераторных автомобилях, проведенные различными организациями. При этих опытах для газогенераторов были использованы бурые угли, указанные в табл. 47.

Газификация этих углей дала следующие результаты:

1) во всех случаях наблюдалось повышенное содержание смолы в газе и засорение колосниковой решетки и зольника газогенератора, нарушавшие процесс газификации;

2) пробег автомобиля на одной заправке был в два-три раза больше, чем на древесной чурке;

3) мощность двигателя при нарушении процесса газификации падала, а при нормальном его течении была равна мощности на древесной чурке;

Организация, проводившая опыты	Вид угля	Месторождение угля	Характеристика угля, %			
			A <sup>c</sup>	W <sup>p</sup>	V <sup>r</sup>	S <sup>об</sup>
Челябинский тракторный завод	Бурый	Челябинский, Копейский	8—12	—	—	—
Завод им. Ворошилова	"	Сулюктинский	7—17	20,3	—	—
Карагандинский совхоз НКВД	"	Карагандинский, Федоровский пласт	8,13	18,26	36—33	—
НАТИ	"	Сулюктинский	4,84	19,7	33	—
"	"	Челябинский, шахта № 4/6	17,4	17,8	41	0,57
"	"	Карагандинский, Федоровский пласт	8	41,4	37	0,43
"	"	Подмосковный, шахта № 43	13,4	37,6	38,7	2,1

4) содержание смолы в газе, по данным Челябинского тракторного завода (автомобили ЗИС-21), составляло до 1,4 г/м<sup>3</sup> газа, что вызывало засмоление деталей двигателя. Применение специального смолоуловителя за смесителем давало улучшение работы, при этом в смесителе собиралось от 3 до 28 г смоляных отходов;

5) опыт завода им. Ворошилова (с установками Г-59-У) показал необходимость предварительного обогащения и грануляции бурого угля. Обогащение освобождает уголь от глины, камней и т. д., обеспечивая меньшую зольность, чем в рядовом угле; грануляция дает куски бурого угля примерно одинаковых размеров (максимально 50 × 50 × 50 мм) и обеспечивает отсев мелочи, содержание которой при перевозках и перевалках бурого угля достигает 40—50%;

6) опыт Карагандинского совхоза НКВД подтверждает эти выводы и показывает, что при снижении зольности угля, своевременном удалении из активной зоны золы и топливной мелочи, обеспечении должной очистки газа от смол и удалении паров воды, образующихся при газификации бурого угля, можно достигнуть удовлетворительной работы газогенераторного автомобиля. Однако газогенераторные автомобили, работающие на буром угле, требуют более сложного ухода, чем обычные газогенераторы, работающие на древесной чурке.

Итоги применения бурого угля для газогенераторных автомобилей показаны в табл. 48.

Состав генераторного газа (по данным Карагандинского совхоза НКВД) характеризуется табл. 49.

Источник сведений	Тип газогенераторной установки	Периодичность обслуживания, км				Эксплуатационные показатели			
		чистка зольника	переза-рядка газогене-ратора	чистка грубого очистителя	чистка тонкого очистителя	скорость максимальная, км/час	запас хода, км	продолжительность розжига, га, мин	расход топлива, кг/100 км
НАТИ	Г-69 ЗИС	300—500	600—800	—	—	50	—	15	86,8
Карагандинский совхоз НКВД	Видоизмененный ГАЗ-42, ЗИС-21	120—140	—	—	—	50	130—150	12—15	100—113
Челябинский тракторный завод	ЗИС-21 с измененным топливником	100—150	—	—	—	50—55	120—150	—	—
ЦНИИАТ	ГАЗ-НАТИ Г-59-У-01	400	1000—1500	800—1000	2000	54	70—110	—	53
ЦНИИАТ	ЗИС-НАТИ Г-69-У-01	300	1000—1500	800—1000	2000	45	75—120	—	88

Таблица 49

Газ	Состав газа, % по объему					Сумма горючих компонентов, %	Теплотворность рабочей смеси, кал/м <sup>3</sup>
	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>		
Из бурого угля . . . . .	6,1	23,6	17,5	2,2	50,6	43,3	627
Из березовой древесной чурки влажностью 20%	9,0	18,0	14,4	3,6	54,0	35,0	560

Повышения эффективности применения бурого угля в качестве топлива для газогенераторных автомобилей можно достигнуть двумя путями: 1) созданием нужной конструкции газогенераторной установки; 2) приспособлением топлива к существующим конструкциям путем отбора бурого угля в соответствии с техническими требованиями. По мере усовершенствования конструкции газогенераторов эти требования должны изменяться.

На основе обобщенного опыта автохозяйств и научно-исследовательских организаций разработаны следующие технические требования к бурому углю как газогенераторному топливу (табл. 50).

Таблица 50

Показатель	Размерность	Значения, от—до
Влажность рабочего топлива . . . . .	%	15—30
Зольность на сухое вещество . . . . .	%	до 10
Содержание летучих на горючую массу . . . . .	%	до 30
Содержание серы . . . . .	%	до 1,0
Начало деформации золы . . . . .	°C	не ниже 1100°
Начало ожигения золы . . . . .	°C	не ниже 1300°
Характер кокса . . . . .	—	Порошкообразный
Размер кусков, нормальный . . . . .	мм	50×50×50
Допустимое количество мелочи при загрузке в газогенератор . . . . .	%	до 4

Наиболее полно этим требованиям отвечают гумусовые и смешанные гумусо-сапропелитовые угли.

Характеристики бурых углей отдельных месторождений СССР, произведенные по опубликованным в ряде источников данным,

позволяют сделать вывод, что наиболее отвечают техническим требованиям к автомобильному газогенераторному топливу бурые угли следующих месторождений:

- 1) Сулюктинского (Ср. Азия),
- 2) Сахалинского,
- 3) Полтавского (Урал),
- 4) Нарымского (Ср. Азия),
- 5) Забайкальского,
- 6) Шурабского,
- 7) Крайнего Северо-Востока (Камчатка и Колыма),
- 8) Чулымо-Енисейского,
- 9) Богословского (Урал),
- 10) Челябинского (Урал),
- 11) Кызыл-Кийского (Ср. Азия),
- 12) Карагандинского (Ср. Азия),
- 13) Артемовского (Дальний Восток).

Требуют уточнений и испытаний в автомобильных газогенераторах угли следующих месторождений:

- 1) Кендерлыкского (Казахская ССР),
- 2) Якутского,
- 3) Кшут-Зайранского,
- 4) Каратауского.

Применение бурых углей в качестве топлива для газогенераторных автомобилей еще нельзя считать полностью решенной задачей. Опыты по их использованию единичны и не всегда достаточно удовлетворительны по результатам, поскольку применение бурого угля вызывает снижение эксплуатационных качеств автомобиля (уменьшение пробега между чистками зольника и генератора, перебои в работе двигателя, его засмоление). Однако бурый уголь имеет ряд преимуществ по сравнению с другими топливами. Например, пробег автомобиля на буром угле при одинаковой по объему заправке в 2,5 раза больше, чем на древесных чурках (табл. 51).

Таблица 51

Показатели	Газификация бурого угля	Газификация березовой древесной чурки
Количество топлива по объему, м <sup>3</sup> . . . . .	1	1
То же по весу, кг . . . . .	800	320
Расход топлива на 1 км пробега ГАЗ-42, кг . . . . .	0,6	0,6
Пробег на 1 м <sup>3</sup> топлива, км . . . . .	1330	534

Стоимость бурого угля ниже, чем древесного топлива и торфа. Недостатками бурых углей являются большая крошимость и склонность к самовозгоранию, что определяет специальные требования к их хранению. Улучшение качества буроугольного топлива достигается обогащением, брикетированием и полукоксованием (см. гл. 8).

## КАМЕННЫЙ УГОЛЬ И АНТРАЦИТ, КАК ТОПЛИВО ДЛЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

XII сессией Международного геологического конгресса была установлена следующая общая классификация углей, позволяющая провести грань между углями различных видов (табл. 52).

Таблица 52

Класс угля	Содержание летучих, %	Состав органической массы, % по весу			Теплотворность, кал/кг
		С	Н	О + N	
А — антрациты и тощие угли . . . . .	3—12	90—95	2—4,5	3—5,5	8000—8600
В и С — битуминозные угли (коксовые, кузнечные, газовые, сухие)	12—40	70—90	4—5,64	5,5—20	6600—8900
Д — полубитуминозные угли (бурые, лигниты)	—	40—76	20—6,8	0—45	4000—7200

Класс Д (бурые угли и лигниты) был рассмотрен в предыдущей главе. Запасы углей классов А, В и С в СССР составляют 83,2% общих запасов всех видов углей (по данным XVII Международного геологического конгресса), или более 1450 млрд. т. Каменные угли подразделяются на марки в зависимости от выхода летучих веществ. Такая классификация может быть применена для углей разных месторождений по однотипным углям. В табл. 53 показано применение этой классификации для донецких углей.

Таблица 53

Классификация донецких каменных углей по маркам

Марки углей	Условное обозначение марок	Выход летучих веществ на горючую массу, %	Характеристика лабораторного коксового королька
Длиннопламенный сухой . . . . .	Д	Более 42	Неспекающийся, порошкообразный или слипшийся
Газовый . . . . .	Г	35—44	Спекшийся, сплавленный, иногда вспученный (рыхлый)
Паровично-жирный . . . . .	ПЖ	26—35	Спекшийся, сплавленный, плотный или умеренно плотный
Коксовый . . . . .	К	18—26	Спекшийся, сплавленный, плотный или умеренно плотный
Паровично-спекающийся . . . . .	ПС	12—18	Спекшийся или сплавленный от плотного до умеренно плотного
Тощий . . . . .	Т	Менее 17	Неспекающийся, порошкообразный или слипшийся

Антрациты Донецкого бассейна представляют собой топливо довольно постоянного состава и классифицируются по крупности кусков по шкале, приведенной в табл. 54.

Таблица 54

Наименование сорта антрацита	Условные обозначения	Размер кусков, мм
Плита	АП	Более 100
Крупный орех	АК	100—25
Мелкий орех	АМ	25—13
Семечко	АС	13—6
Семечко со штыбом	АСШ	10—0
Зубок со штыбом	АЗШ	6—0
Рядовой без плиты	АРШ	100—0

Угли остальных бассейнов могут быть приравнены по маркам к донецким в соответствии с их основными показателями. В табл. 55 приводится такое сопоставление, принятое на железных дорогах.

Таблица 55

Месторождения	Выход летучих веществ, %	Наименование марок донецкого угля, к которым приравнивается уголь	Характеристика угля по виду коксового королька
Кизеловское	39—45	Г, ПЖ	Спекаются
Карагандинский бассейн	24—31	ПЖ, ПС	Спекаются, выветрелые угли не спекаются
Кузнецкий бассейн	9—44	Д, Г, ПЖ, ПС, СС*, Т	Угли марок Г, ПЖ и ПС спекаются; к марке СС приравнены угли, равные по выходу летучих веществ маркам Г, ПЖ и ПС, но не спекающиеся; угли марки Т не спекаются
Букачиченское	35—42	Г	Спекаются
Сучанское	8—34	ПЖ, ПС, Т	Угли марок ПЖ и ПС спекаются, угли марок Т не спекаются
Черемховский бассейн	43—48	Д	Слабо спекаются
Среднеазиатские	37—38	Г	Слабо спекаются

Каменные угли различных месторождений и марок весьма разнообразны по своим качествам. С точки зрения возможности использования углей в качестве газогенераторного топлива важно отметить следующие их свойства.

1. Влажность каменных углей (на рабочее топливо) ниже, чем бурых углей. Наиболее низкую влажность имеют антрациты. По

\* СС — слабо спекаются. Для донецких углей такой марки нет.

этому показателю нет препятствий для газификации каменных углей в транспортных генераторах.

2. Зольность каменных углей различна и колеблется в весьма широких пределах. Зола каменных углей имеет обычно низкую температуру начала деформации. По этому показателю большинство каменных углей непригодно для газификации в автомобильных газогенераторах, за исключением нескольких марок типа Т и Г, которые удовлетворяют требованиям к газогенераторному топливу, установленным для бурого угля или антрацита.

3. Состав и свойства продуктов полукоксования и коксования различны. Выход смол увеличивается от тощих углей к длинно-пламенным. Выделение смол начинается уже при 250—300° С. Выход смол для большинства каменных углей значителен и требует применения обращенного процесса газификации. Практически не дают смол антрациты и тощие угли. Большинство каменных углей при газификации способны спекаться, создавая в шахте генератора плотные своды, нарушающие процесс газификации. Часть углей, наоборот, дает слишком непрочный кокс, способный рассыпаться и увеличивающий сопротивление генератора потоку газа.

Эти явления не могут быть допущены в автомобильных газогенераторах. Специфичность их работы требует устойчивости и гибкости процесса газификации в зависимости от режимов работы двигателя и достаточной длительности работы генератора без воздействия на него извне (чистка, шуровка, дозарядка и т. д.). Большинство каменных углей этим требованиям не удовлетворяет.

4. Реакционная способность каменноугольного кокса ниже, чем других топлив. Практически это значит, что при применении каменного угля в автомобильных газогенераторах их первоначальный розжиг затруднен и более длителен.

5. Содержание серы во многих каменных углях довольно высокое. При газификации каменных углей 80—90% всей содержащейся в них серы переходит в газ в виде  $H_2S$ ,  $SO_2$  и органических соединений. С золой уходит только 10—20% серы. Соединения серы разрушают генератор и двигатель, поэтому применение каменноугольного топлива с содержанием серы свыше 1% в автомобильных газогенераторах недопустимо.

6. Теплотворность каменных углей значительно выше, чем других топлив, и составляет 5500—7200 кал/кг (на рабочее топливо).

Таким образом, каменные угли обладают рядом хороших качеств для газогенераторного топлива (высокая теплотворность, большой насыпной вес, распространенность и наличие больших ресурсов). Для газификации каменного угля, содержащего значительное количество летучих, требуется применение обращенного процесса, что затрудняет использование многозольных топлив. Недостатками каменных углей как газогенераторного топлива являются: образование сводов в шахте и спекающегося шлака, большое содержание серы, невысокая реакционная способность.

Вследствие этого каменные угли мало пригодны для использования в автомобильных газогенераторах. Исключение составляют лишь каменные угли, близкие по своим свойствам к бурым углям или к антрацитам (например, тощие угли).

Возможность газификации антрацитов определяется следующими их качествами:

1) низким содержанием летучих, благодаря чему возможно применение прямого и горизонтального процессов газификации. Эти процессы упрощают шлакоудаление и позволяют применить паро-воздушное дутье, улучшающее ход газификации и качество получаемого газа;

2) отсутствием спекаемости и образования сводов в шахте газогенератора;

3) простотой хранения антрацита (невысокая гигроскопичность и неизменяемость при хранении на открытом воздухе);

4) высокой теплотворностью антрацита и получаемого из него генераторного газа.

Однако антрациты обладают рядом отрицательных качеств, свойственных каменным углям:

1) низкой реакционной способностью;

2) повышенной зольностью и способностью золы к шлакованию;

3) повышенным содержанием серы.

#### Особенности газификации антрацита в автомобильных газогенераторах

Антрацит как топливо для газогенераторных автомобилей применялся в ряде стран. Однако газогенераторные автомобили на антраците не получили широкого распространения вследствие трудности газификации антрацита и сравнительно невысоких эксплуатационных качеств автомобилей. У нас неоднократно проводились опыты по созданию установки, работающей на антраците (НАТИ, Ростовский машиностроительный институт, ЛЭТИ, ЦНИИАТ и т. д.). Не останавливаясь подробно на описании конструкций газогенераторов и результатах их испытаний, даем общий обзор особенностей газификации антрацита в автомобильных газогенераторах.

1. Газификация антрацита происходит при более высоких температурах, чем газификация других видов топлива. Наличие высоких температур в зоне горения обуславливает высокие требования к жароустойчивости материала камеры газификации. Поэтому в газогенераторах, работающих на антраците, часто употребляется облицовка стенок камеры газификации огнеупорным керамическим материалом (футеровка). Применение керамики утяжеляет установку и делает камеру менее прочной; кроме того, шлаки, образующиеся при газификации антрацита, способны химически взаимодействовать с материалом такой камеры, разрушая ее или создавая трудноудаляемые «костыли».

2. Применяемая в большинстве газогенераторов периферийная подача воздуха в камеру газификации посредством концентрически расположенных фурм непригодна для газогенератора, работающего на антраците, так как фурмы быстро изнашиваются под действием высокой температуры. Кроме того, расположение активной зоны с высокой температурой в непосредственной близости от стенок камеры способствует разрушению керамики шлаком. Поэтому для газогенераторов, работающих на антраците, обычно применяется подача воздуха через специальное сопло, охлаждаемое водой или воздухом.

3. Способность антрацита давать сплавленный шлак и повышенная зольность его требуют применения специальных устройств для удаления шлака из зоны газификации. При остановке генератора шлаки застывают и создают большие сопротивления прохождению воздуха при последующем пуске. Поэтому работа автомобиля с газогенератором на антраците сопряжена с трудностями его запуска после остановок. Это явление усугубляется низкой реактивной способностью кокса, воспламеняющегося лишь при высоких температурах. Для уменьшения вредного влияния шлакообразования на работу генератора необходимо отбирать антрацит с наименьшей зольностью и с температурой плавления золы не ниже  $1200^{\circ}\text{C}$ . Уменьшение зольности может быть достигнуто обогащением. Кроме того, применяется подача водяных паров, понижающих температуру в камере газификации, уменьшающих шлакообразование и разрушающе действующих на монолитную и плотную массу шлака. Вследствие этого присадка водяного пара облегчает запуск двигателя и повышает устойчивость процесса газификации. Водяные пары, участвуя в реакциях генераторного процесса, приводят к повышению теплотворности газа и мощности двигателя.

Расход воды меняется в зависимости от режима работы генератора и расхода топлива. Средний расход воды равен примерно  $0,30-0,40$  кг на 1 кг топлива.

4. Наличие в антраците серы заставляет искать путей очистки газа от ее соединений. Применяемые в практике эксплуатации стационарных газогенераторов методы очистки газа от серы для автомобильных генераторов непригодны. Проведенные НАТИ опыты по очистке газа от серы с применением болотной руды (бурый железняк) и активированного угля не дали должных результатов. Очистка газа от серы в обоих случаях была недостаточной. Поэтому для использования в автомобильных газогенераторах пока выбирают топливо с наименьшим содержанием серы. Для антрацита содержание серы не должно превышать  $1-1,5\%$  на сухую массу.

5. Антрацит применяется в газогенераторах с прямым или горизонтальным процессом; последний более пригоден для антрацита с малой зольностью (до  $3-4\%$ ).

Для улучшения работы двигателя и газогенератора были про-



ведены опыты с активированным антрацитом. Для этой цели применялась обработка антрацита углекислым натрием. Применение активированного антрацита уменьшило неполадки, связанные с образованием шлака, дало более устойчивую работу газогенератора и лучшую гибкость работы двигателя. Время, потребное на розжиг холодного газогенератора, запуск двигателя и последующие запуски, при работе на активированном антраците сокращается. Обычное уменьшение мощности двигателя к концу рабочего дня отсутствует.

Исходя из особенностей газификации антрацита в автомобильных газогенераторах, можно определить технические требования к нему.

В табл. 56 приведены старые технические требования, а в табл. 57 — требования, разработанные на основе имеющегося опыта газификации антрацита.

Таблица 56

Требования к антрациту	Показатели качества топлива							температура плавления золы
	W <sup>p</sup> , %	A <sup>c</sup> , %	S <sup>c</sup> , %	C <sup>c</sup> , %	V, %	Q, кал/кг	насыпной вес, кг/м <sup>3</sup>	
НАТИ . . . . .	3—8	3—6	1—1,5	92—94	—	—	—	Не ниже 1200°
Германские . . . . .	3,8-4,2	5—9	1—1,2	90—92	7—11	7600—7800	850—880	1180—1380°
Английские . . . . .	—	до 4,0	—	—	до 0,03	—	—	—
Сводные заграничные . . . . .	3—5	6—8	1—1,2	—	7—11	7000	800	—

Таблица 57

Наименование показателей	Прямой процесс газификации	Горизонтальный процесс газификации
Марка (применительно к донецким антрацитам) . . . . .	АМ—АС	АМ, АС
Крупность кусков, мм . . . . .	10—16	10—16
Влажность W <sup>p</sup> , % . . . . .	3—8	3—5
Зольность A <sup>c</sup> , % . . . . .	до 8	до 4
Содержание серы S, % . . . . .	до 1	до 1
Содержание летучих V <sup>c</sup> , % . . . . .	4—10	4—10
Содержание водорода H <sup>c</sup> , % . . . . .	1,5—2	1,5—2
Содержание углерода C <sup>c</sup> , % . . . . .	90—94	90—94
Температура плавления золы, °C . . . . .	Не ниже 1200	Не ниже 1200

### Основные показатели работы газогенераторного автомобиля на антраците

Газогенераторный автомобиль, работающий на антраците, имеет примерно следующие эксплуатационные данные по сравнению со стандартным газогенератором, работающим на древесной чурке (табл. 58).

Таблица 58

Тип газогенератора	Время на запуск, мин.	Средняя техническая скорость, км/час	Максимальная скорость с грузом, км/час	Расход топлива, кг/100 км	Шлакообразование, % к топливу	Q рабочей смеси, кал/м <sup>3</sup>
Древесно-чурочный ГАЗ-42 . . . . .	5—8	20—20	50—56	60	—	580
Антрацитовый НАТИ Г-21 . . . . .	10—15	28,9	51,6	48	3—4	1024

Газогенератор, работающий на антраците, обладает малой гибкостью, снижающей эффективность работы автомобиля при необходимости частой перемены нагрузок на двигатель. Это особенно важно при работе газогенераторного автомобиля в городе и на плохих дорогах. Зато дальность пробега газогенераторного автомобиля, работающего на антраците, больше, чем всех других автомобилей, работающих на твердом топливе (табл. 59).

Таблица 59

Показатели	Газификация антрацита	Газификация древесной чурки
Количество топлива по объему, м <sup>3</sup>	1	1
То же по весу, кг . . . . .	850	320
Расход топлива на 1 км пробега, кг	0,4	0,6
Пробег на 1 м <sup>3</sup> топлива, км . . . . .	2125	534

Таким образом, при работе на антраците пробег газогенераторного автомобиля увеличивается по сравнению с автомобилем, работающим на древесной чурке, в четыре раза при одинаковой по объему загрузке топлива. При эксплуатации это соотношение будет несколько меньшим за счет потери антрацита при перезарядках генератора. При каждой чистке генератора пропадает 20—35 кг антрацита, что увеличивает расход топлива примерно на 15%.

На основании изложенного выше материала можно сделать следующие выводы.

1. Каменный уголь вследствие высокой зольности, спекаемости и высокого содержания серы мало пригоден для газогенераторных автомобилей.

2. Антрацит может применяться в газогенераторных автомобилях при условии:

а) соответствия его техническим требованиям, предъявляемым к газогенераторному топливу;

б) использования антрацитовых газогенераторных автомобилей на загородной (тракторной) работе;

в) обеспечения квалифицированного ухода и обслуживания.

Успешная газификация антрацита достигается при добавке в генератор воды. Однако снабжение генератора водяной системой увеличивает опасность выхода автомобиля из строя в результате замерзания воды. Для Крайнего Севера и районов с суровой зимой применение таких генераторов опасно. Газогенераторы с подачей воды могут применяться только при правильной организации их эксплуатации (теплые гаражи, станции обслуживания, заправка горячей водой в пути, квалифицированный персонал и т. д.).

## Глава 8

### ИСКУССТВЕННОЕ ТВЕРДОЕ ТОПЛИВО

Каждое из рассмотренных выше топлив обладает рядом недостатков, затрудняющих использование этих топлив в газогенераторных автомобилях или снижающих их динамические и экономические показатели работы по сравнению с бензиновыми автомобилями. Повышение качества этих топлив может быть достигнуто путем их термической обработки и брикетирования.

Термическая обработка твердого топлива осуществляется различными способами и дает продукцию разного качества. В зависимости от целей термической обработки топлива газогенераторное топливо может быть или основным продуктом, или побочным, получающимся при производстве других продуктов. В первом случае обработке подвергаются топлива, специально отобранные и пригодные для газификации в газогенераторах автомобилей, во втором случае получение такого топлива не является основной целью, и оно может иметь весьма различные, часто совершенно неподходящие качества.

В этой главе рассматриваются возможность и условия применения в автомобильных газогенераторах полукокса и кокса ископаемых твердых топлив (торфа, бурого и каменного углей), а также бурой (поджаренной) древесины и брикетированного топлива.

#### А. Полукоксы и коксы ископаемых твердых топлив

1. **Полукоксы и коксы торфа.** Полное обугливание торфа происходит при температуре 500—550° С; эта температура является конечной для процесса полукоксования. Выше ее выделение летучих незначительно; выделение газов происходит до конца процесса коксования, т. е. до 650—700°. Таким образом, торф уже

при 500—550° С дает продукт, незначительно отличающийся от кокса, полученного при более высоких температурах.

Торфяной кокс обычно получается неспекшимся, поэтому он содержит большое количество мелочи и пыли. Выход кокса по весу равен примерно 30% исходного торфа. Прочность кокса зависит от конечной температуры процесса и скорости ее нарастания. Наибольшую прочность имеет кокс, полученный при температуре около 700° С. Дальнейшее повышение температуры снижает прочность кокса. Объемный вес кокса хорошего выжига равен 0,75—0,85. Чем больше в коксе мелочи, тем выше его насыпной вес. Эта зависимость показана в табл. 60.

Таблица 60

Кокс с содержанием кусков не менее	40 мм	25 мм	20 мм
Насыпной вес, кг/м <sup>3</sup>	330	350—370	390

Потеря влаги и летучих веществ при коксовании торфа в 2—3 раза повышает содержание золы в коксе по сравнению с исходным продуктом (табл. 61).

Таблица 61

Изменение зольности торфяного кокса в зависимости от температуры нагрева

	Исходный торф	Торф, нагретый до			
		350°	400°	450°	520°
Содержание золы, %	2,05	2,69	3,80	4,44	4,96

Поэтому для коксования, особенно в целях применения кокса в автомобильных газогенераторах, пригоден не всякий торф. Наименьшую зольность дает кокс, выжженный из торфа верхового типа. Наиболее прочный кокс получается из торфа средней степени разложения — в пределах 35—65%. Торф малой степени разложения, а также очень старый, сильно разложившийся торф дают кокс слабый, легко крошащийся.

Для получения кокса могут применяться различные методы. Наиболее простым и старым способом выжига является **ямно-костровый**.

Получаемый этим способом кокс может быть весьма различных качеств, в зависимости от влажности коксуемого торфа, температуры и времени коксования. Выход кокса в среднем составляет 25% веса торфа. Ямно-костровый способ можно применять при наличии опытных рабочих и небольшой потребности в коксе.

Более совершенным способом коксования является **костровый**, который дает возможность значительно увеличить размеры кучи-костра, облегчает управление огнем и несколько сокращает время на коксование по сравнению с ямно-костровым способом. Размеры костров колеблются в довольно широких пределах — от 60 до 420 м<sup>3</sup> по объему и от 23 до 160 т по весу. Время выжигав зависит от качества торфа, времени года, качества выбранной площадки и ее освоения (обжига). Для средних размеров костров при влажности торфа в 26% средняя продолжительность выжигав кокса в зависимости от оборота (освоения) площадки составляет:

1-я закладка на новом участке, выжиг	42	дней
2-я » » » » » »	30	дней
3-я » » » » » »	25	дней

Большие костры (в 250—270 м<sup>3</sup>), занимая площадь около 200 м<sup>2</sup>, дают выход кокса 0,6—0,7 т в сутки на 1 м<sup>2</sup> площади (промышленные печи дают на 1 м<sup>2</sup> занимаемой площади около 1 т кокса в сутки). Выход кокса составляет 26—39% веса торфа.

Ямно-костровый и костровый способы получения кокса имеют ряд существенных недостатков. К ним относятся: сравнительно малый выход годного кокса, неравномерный обжиг (а следовательно, и качество кокса), потеря летучих частей торфа, имеющих промышленную ценность. Неоднородность получаемого кокса по прочности и содержанию летучих значительно снижает его ценность как топлива для автомобильных газогенераторов.

Выжиг кокса в печах позволяет повысить равномерность процесса коксования, увеличить выход кокса и улучшить его качества. Возможность утилизации летучих увеличивает товарную продукцию установки, снижая стоимость кокса. Не останавливаясь на описании способов промышленного коксования и типов печей, приведем показатели, которые дают печи промышленного образца, применяемые в СССР.

Печь Циглера (из двух реторт) может пропустить в сутки 32 т торфа влажностью 25—30%. Усовершенствованная печь Циглера дает выход кокса около 32% при выходе 3% дегтя. Время коксования — 16 час. Получаемый кокс содержит 85% крупных кусков, 5% средних кусков и 10% мелочи и пыли. Содержание летучих в коксе — 4—6%. Широкое применение для коксования торфа нашли шахтные печи с внутренним обогревом. Кокс, получаемый в таких печах, более однороден по степени обжига, но имеет до 10% летучих. Содержание летучих в коксе составляет:

из печей с наружным обогревом	2—6%
из печей с внутренним обогревом	6—10%
кострового выжигав	12—25%

Торфяной кокс обладает малой механической прочностью, поэтому при перегрузках и транспортировке он легко крошится, да-

вая много пыли и мелочи. Насыпной вес торфяного кокса равен 350—370 кг/м<sup>3</sup>; влажность его колеблется в пределах 3—7%.

Применение торфяного кокса, как автомобильного газогенераторного топлива. Торфяной кокс отличается от торфа меньшим содержанием летучих, смолистых веществ, что дает возможность газифицировать его в газогенераторах горизонтального или прямого процесса. Допустимый предел зольности для газогенераторного топлива в 8—10% ограничивает возможности получения торфяного кокса, так как его можно выжечь только из верховых торфов с зольностью в 2,5—3%, имеющих лишь в некоторых районах СССР в ограниченном количестве. Небольшая механическая прочность кокса не дает возможности осуществить его транспортировку на значительные расстояния, а малый выход и значительные потери кокса делают его применение нерентабельным (за исключением использования кокса, полученного в качестве побочного продукта торфохимии). В 1937—1938 гг. НАТИ были проведены опыты применения Редькинского торфококса на газогенераторных автомобилях ГАЗ-Г25 и ЗИС-31 с установками горизонтального процесса газификации. Кокс имел влажность 17,58% и зольность 4,20% на рабочее топливо; размер кусков составлял 25—70 мм и 10—25 мм.

Результаты испытаний показали, что газификация кокса проходила вполне удовлетворительно. Кокс торфа, обладая высокой реакционной способностью, обеспечивал легкий запуск генератора и хорошее протекание процесса газификации. Качество генераторного газа обеспечивало удовлетворительную работу автомобиля на различных режимах, в условиях города и загородного шоссе. Автомобили во время испытаний развивали среднюю скорость 33,8 км/час на шоссе и 22 км/час в городе. Автомобиль ГАЗ с установкой НАТИ-Г25 показал максимальную скорость на горизонтальном участке шоссе в 50 км/час (при нагрузке в 1,25 т). По этим показателям работа автомобиля на торфококсе равноценна работе на древесном угле. Средний расход торфококса составлял 32,3 кг на 100 км пробега. Дальность пробега (на одинаковых по объему загрузках бункера) для торфококса составила (до полного выжигав бункера) 120 км, а на древесном угле — 60—70 км. Среднее время на запуск двигателя, считая с момента розжига газогенератора (с применением вентилятора) до вполне устойчивой работы на газе, для торфококса составило 9 мин., а для древесного угля — 3 мин. 20 сек. Шлакообразование при использовании кокса с зольностью 5,1% составило 0,5—0,6 кг на 100 км пробега. При этом кокс с крупными кусками дал несколько большее шлакообразование, чем мелкие куски (при одинаковой зольности). Древесный уголь в однотипной газогенераторной установке дал шлакообразование 0,9 кг на 100 км пробега. Очистка камеры газификации от шлака и золы при работе на коксе необходима примерно через 300 км пробега.

Таким образом, испытания торфяного кокса показали пригод-

ность его в качестве газогенераторного топлива для автомобилей. Однако размеры потребления торфяного кокса пока весьма ограничены, и он может с успехом применяться в качестве топлива для автомобильных газогенераторов лишь в районах его производства. При этом торфяной кокс должен отвечать следующим требованиям:

1) кокс должен быть выжжен из верхового торфа средней степени разложения, с зольностью не более 3—5% и влажностью 25—30%;

2) кокс должен быть черного цвета, без признаков бурой окраски, плотный, крепкий, в изломе блестящий, при ударе он должен издавать металлический звук;

3) в изломе кокс не должен иметь пустот, свидетельствующих о плохом качестве торфа или пережоге его;

4) размер кусков кокса должен быть 10—25 мм, влажность — 5—8%, содержание золы на рабочее топливо — не более 8%, содержание серы — не более 0,5%, количество летучих — не более 10—15%, температура начала деформации золы — не ниже 1100—1120° С.

Для сравнения эксплуатационных качеств торфяного кокса с другими видами топлив в табл. 62 приведен сравнительный расчет пробега автомобиля ГАЗ на 1 м<sup>3</sup> топлива.

Таблица 62

Показатели	Топливо			
	торфяной кокс	верховой кокс	древесный уголь	древесная чурка
Количество топлива по объему, м <sup>3</sup>	1	1	1	1
Количество топлива по весу, кг	360	369	175	320
Расход топлива на 1 км пробега, кг	0,325	0,7	0,35	0,6
Пробег на 1 м <sup>3</sup> топлива, км	1110	527	530	534

Хорошие качества торфяного кокса, как газогенераторного топлива, должны стимулировать развитие торфохимии.

**2. Полукоксы каменного и бурого углей.** Полукоксы каменного и бурого углей нашел большое применение в промышленности и коммунальном хозяйстве многих стран.

При этом в настоящее время полукоксование часто органически связано с производством синтетического жидкого топлива.

Выход полукоксов из различных углей СССР показан в табл. 63\*.

Более старые угли дают несколько больший выход полукоксов. Угли с большой зольностью дают повышенный выход полукоксов за счет минерального остатка. Это наглядно видно на примере челябинских углей, обогащенных и необогащенных.

\* «Общая химическая технология топлива», под редакцией С. В. Кафта нова. Госхимиздат, 1941 г.

Месторождения и виды угля	Выход продуктов полукоксования, % от веса сухого угля		
	полукоксы	первичный деготь	газовый бензин
Подмосковный бассейн—бурый уголь	71—76,5	4,8—7,8	0,16—0,32
Донбасс — Лисичанское и Петровское рудоуправления	68,4—74,3	8,3—18,1	—
Кузбасс (Болдыревский, Майеровский и Журицкий пласты)	72,9—74,6	10,2—13,0	0,23—0,3
Барзасские угли	44,5—55,4	19,2—30,7	0,76
Черемховские богхеды	39,4	39,1	—
Матаганские богхеды	20,0	48,8	—
Черемховские сапропелиты	47,8—60,9	14,8—31,6	0,6—0,85
Дальний Восток, пласт «Двойник»	83,5	9,6	—
Кизеловский обогащенный уголь	73,0	16,7	—
Челябинский обогащенный уголь	55,7	4,5	—
Челябинский необогащенный уголь	62,2	4,4	—
Украинские бурые угли	52,44—69,74	4,99—18,55	—

Применение полукоксов в газогенераторных автомобилях началось примерно с 1935—1936 гг. во всех странах, бедных древесным топливом. Для успешной работы на полукоксе были созданы специальные конструкции газогенераторных установок и жестко регламентированы технические условия на него. В автомобильных газогенераторах допускался к употреблению полукоксы с зольностью: каменноугольный — нормально до 6% и максимально до 9%, буроугольный — максимально до 10—12% (при первоначальном содержании золы до 20—23%); размер кусков составлял 10—20 мм; содержание мелочи от 0 до 10 мм — не свыше 10%; насыпной вес 1 м<sup>3</sup> — 375—530 кг.

Полукоксы применяются в газогенераторных установках прямого или горизонтального процесса газификации, работающих также на древесном угле и антраците.

Очистка генераторного газа из полукоксов по сравнению с древесноугольным усложняется наличием в нем более крупных частиц золы и пыли и присутствием значительных количеств сероводорода. Поэтому для очистки газа в газогенераторных установках, работающих на полукоксе, обычно применяют несколько очистительных агрегатов, с отмывкой газа от соединений серы в

тонких очистителях. Лучшие конструкции газогенераторов дают газ с теплотворностью 1400 кал/м<sup>3</sup>, обеспечивая высокую литровую мощность двигателя.

Полукокс имеет высокую реакционную способность и низкую гигроскопичность.

Радиус действия автомобилей, работающих на полукоксе, весьма велик (до 200—250 км)

Сочетание высокой теплотворности с хорошей реакционной способностью обеспечивает быстрый запуск автомобиля (2—4 мин.).

Повышенное по сравнению с древесным углем количество золы в полукоксе усложняет эксплуатацию газогенератора и требует некоторого изменения в конструкции газогенераторной установки. Практически это часто сводится к введению встряхиваемой колосниковой решетки. Периодичность выполнения операции встряхивания зависит от зольности полукокса. В газогенераторе Виско она производится через 150—200 км, очистка решетки — через 1000—1500 км.

Удалять золу необходимо ежедневно; кроме того, при повышенном содержании золы в полукоксе (6—12%) целесообразнее применять прямой процесс газификации (вместо горизонтального, применяемого при высококачественном полукоксе).

При газификации полукокса развиваются высокие температуры, поэтому в газогенераторах, работающих на полукоксе, часто применяют футеровку камеры горения или интенсивное водяное охлаждение. Большинство заграничных конструкций работает с присадкой воды или водяного пара (в количестве до 40—60% от веса топлива).

Испытания установки Дейц, работавшей на бурого угольном полукоксе с размером зерен 10—30 мм, дали следующие результаты: количество генераторного газа составило 3,46—3,39 м<sup>3</sup>/кг сухого топлива, низшая теплотворность газа — 1320—1290 кал/м<sup>3</sup>, теплотворность газо-воздушной смеси — 622—616 кал/м<sup>3</sup>, коэффициент полезного действия генератора по сухому топливу — 0,726—0,693.

Результаты испытания установок Виско и Мольбей приведены в табл. 64.

Для оценки этих данных укажем, что генераторный газ из древесного угля имеет теплотворность 1050 кал/м<sup>3</sup>.

Результаты опыта применения полукокса в СССР. Исследования возможности и эффективности применения полукокса в газогенераторах отечественной конструкции производились в 1944—1945 гг. ЦНИИАТ и НАТИ. В обоих случаях применялся журицкий полукокс. НАТИ проводил испытания на газогенераторной установке НАТИ Г-76 прямого процесса газификации, предназначенной для каменноугольного полукокса, ЦНИИАТ — на установке своей конструкции УГ-1 для автомобилей ГАЗ-АА, предназначенной для газификации древесного

Показатели	Виско	Мольбей
Расход топлива, кг/л. с. в час. . . . .	0,45	0,55
Состав газа по объему в %:		
CO <sub>2</sub> . . . . .	6,25	0,5
CO . . . . .	23,15	30,6
H <sub>2</sub> . . . . .	} 0,7	0,7
CH <sub>4</sub> . . . . .		0,6
O <sub>2</sub> . . . . .	—	62
N <sub>2</sub> . . . . .	—	—
Теплотворность газа, кал/м <sup>3</sup>	1222	1108
Расход воды, % к твердому топливу	60	—
Температура газа на выходе из газогенератора, °С . . . . .	150—160	—
Температура газа на выходе из очистки, °С . . . . .	70—100	—
Температура газа в смесителе, °С	20—25	—

угля и оборудованной газогенератором горизонтального процесса газификации, без подачи воды и с фурмой воздушного охлаждения. На газогенераторе УГ-1 применялись очистители барботажного типа с кольцами Рашига. На результаты испытаний ЦНИИАТ большое влияние оказало высокое содержание в полукоксе летучих, значительно превышающее допустимые пределы (около 18%). Это вызвало засмоление всасывающего тракта и клапанов двигателя. Сравнительно высокая зольность полукокса (10%) привела к нарушению равномерности и устойчивости процесса вследствие частого шлакования участка зоны газификации, расположенного под фурмой. В результате этого требовалась чистка генератора от шлака через каждые 100 км пробега.

Кроме того, механическая непрочность полукокса вызывала быстрое засорение фильтров уносом пыли, вследствие чего их необходимо было очищать через 500 км пробега. Для устранения этих недостатков был сконструирован и построен генератор АГ-1, работающий по прямому процессу с присадкой пара. Журицкий полукокс подвергался обогащению простейшим методом — путем погружения в бочку с водой. Это дало возможность получить полукокс с зольностью 3,92% и содержанием летучих 8,92%, при крупности кусков 10—40 мм.

Испытания установки АГ-1, а также НАТИ Г-76 дали удовлетворительные результаты и доказали полную пригодность полукокса указанной кондиции для газификации в автомобильных газогенераторах. На этом (улучшенном) полукоксе пробег автомобиля между чистками генератора от шлака составил 1000—1200 км. Засмаливания и засорения его пылью не наблюдалось. Пробег между чистками фильтра увеличивался до 1000 км. Однако в связи с уменьшением количества летучих розжиг газогенератора стал труднее.

## Результаты испытания автомобилей на Журинском полукоксе

Организация, проводившая испытания	Конструкция газогенератора	Расход топлива (средний)		Выход газа, м <sup>3</sup> /кг	Состав газа, % по объему		
		кг/час	кг/100 км пробега		CO <sub>2</sub>	CO	O <sub>2</sub>
НАТИ	НАТИ Г-76	16,6	—	3,5—4,6	5,21—7,7	24,85—27,61	0,1—0,6
ЦНИИАТ	ГАЗ УГ-1	11,0	45	—	1,15—2,78	26,49—28,28	—
"	ГАЗ УГ-1	12,4	32	—	3,1	30,2	—
"	ГАЗ УГ-1 на древесном угле	12,5	35	—	2,0	31,7	—
"	ЗИС АГ-2	—	56—58	—	3,47	31,19	0,1—1,0

Состав газа, % по объему	Теплотворность газа, Q <sub>H</sub> кал/м <sup>3</sup>	Отходы шлака	Расход воды, % от веса топлива	Содержание пыли в газе в смеси с двигателем, г/м <sup>3</sup>
H <sub>2</sub>	1275—1342	0,84 кг/час.	35—45	—
10,75—16,95	1170	1,9 кг на 100 км	—	0,34
5,14—6,48	1370	0,3 кг на 100 км	25	0,05
8,64	1280	0,39 кг/час	—	0,09
5,3	1245	0,5	30—50	0,047
11,68		0,8		

Испытания черемховского полукокса вследствие неудовлетворительного его качества (высокое содержание золы, серы и летучих) дали отрицательные результаты и были прекращены.

Результаты испытаний журинского полукокса, полученные ЦНИИАТ и НАТИ, сведены в табл. 65 и 66.

Таблица 66

## Эксплуатационные показатели газогенераторных установок

Тип установки	Периодичность чистки		Средняя техническая скорость, км/час	Время запуска холодного газогенератора, мин.	Дальность хода на одной заправке бункера, км
	газогенератора	очистителей			
НАТИ Г-76	300—400	—	22—24	5—7	—
ЦНИИАТ УГ-1	120	600	24	3—4	110—120
ЦНИИАТ АГ-1	1000	1000	32	5—7	120
ЦНИИАТ АГ-2	1000	1000	30—36	3—5	100
ЦНИИАТ УГ-1 на древесном угле	300	600	34—36	2—3	75

Данные по установкам Г-76, АГ-1 и АГ-2 приведены при работе их на обогащенном журинском полукоксе (А = 4%), а по УГ-1 — при работе на рядовом полукоксе (А = 8%).

Приведенные материалы показывают, что полукокс как газогенераторное топливо для автомобилей может с успехом применяться в том случае, если его качества соответствуют техническим условиям, указанным в табл. 67.

Таблица 67

Показатели	Значение
Размер кусков, мм	10—30
Содержание мелочи максимальное, %	8
Содержание золы А° максимальное, %	8
Содержание серы общее максимальное, %	0,6
Содержание летучих минимальное, %	8
Содержание летучих максимальное, %	12
Влажность максимальная, %	8
Содержание недопада и породы (проба в воде) максимальное, %	2
Насыпной вес 1 м <sup>3</sup> , кг	400—450
Температура плавления золы не ниже, °С	1250

По дальности пробега на одинаковом количестве (по объему) топлива полукокс уступает только бурому углю и антрациту, имея в то же время ряд преимуществ перед ними (см. табл. 68).

Таблица 68

Показатели	Газифицируемое топливо			
	полукокс журицкий	бурый уголь	древесный уголь	древесная чурка
Количество по объему, м <sup>3</sup> . . . . .	1	1	1	1
Количество по весу, кг . . . . .	420	800	175	320
Расход на 1 км пробега, кг . . . . .	0,32	0,60	0,35	0,6
Пробег на 1 м <sup>3</sup> , км . . . . .	1310	1333	500	533

**3. Кокс каменных углей.** Каменноугольный кокс может получаться при высоких и средних (680—700° С) температурах. Особенностями кокса, получаемого при среднетемпературном коксовании, являются более высокая реакционная способность и пониженная температура воспламенения по сравнению с высокотемпературным коксом, более ровная кусковатость и бездымность по сравнению с полукоксом. Типичным представителем такого топлива является карболюкс.

Основные свойства карболюкса: бездымность горения, сравнительно низкая температура воспламенения, высокая прочность и плотность. Содержание летучих в нем составляет 8—12%.

Сравнительные показатели трех видов кокса приведены в табл. 69.

Таблица 69

Показатели	Полукокс каменного угля	Карболюкс	Металлургический кокс
Влажность, % . . . . .	2,6	2,0	2,0
Зольность, % . . . . .	9,6	8,8	8,9
Содержание летучих, % . . . . .	7,5	9,1	1—2
Сопротивление раздавливанию, кг/см <sup>2</sup> . . . . .	130	200	180—250
Баранная проба в вакуум-барбане:			
кусков более 40 мм . . . . .	86	83	80
кусков менее 40 мм . . . . .	19	6	8
Реакционная способность . . . . .	Высокая	Высокая	Ниже средней

Для автомобильного транспорта карболюкс может найти применение, как полукокс улучшенного качества. Опыты его использования дали вполне удовлетворительные результаты. Высокие реактивные качества карболюкса обеспечивали розжиг газогенератора в 2—3 мин. Мощность двигателя была одинакова с мощностью, развиваемой при работе на древесном угле. Расход топлива составлял около 50 кг на 100 км пути (для 3,5-тонного грузового автомобиля). По остальным показателям карболюкс очень близок к полукоксу.

Качества и свойства кокса, получающегося в результате высокотемпературного коксования, строго регламентированы стандартами и примерно однотипны для различных углей. Основными требованиями, предъявляемыми металлургией к коксу, являются малая зольность и незначительное содержание серы и фосфора.

Увеличение зольности ухудшает работу доменных печей. По опытным данным, повышение зольности кокса на 1% увеличивает расход его на 2,5%.

Для получения кокса требуемых качеств часто составляется шихта из углей нескольких месторождений и марок.

Содержание летучих в нормально выжженном коксе равно 1,5—2%. Реакционная способность кокса ниже реакционной способности антрацита; соответственно температура воспламенения кокса значительно выше, чем других топлив. В табл. 70 приведены температуры воспламенения различных топлив.

Таблица 70

Вид топлива	Температура воспламенения, °С
Металлургический кокс . . . . .	620—640
Газовый кокс . . . . .	520—540
Среднетемпературный кокс . . . . .	450
Антрацит . . . . .	460
Каменноугольный полукокс . . . . .	380—400
Бурсугольный полукокс при 5% влажности . . . . .	150—250
Брикеты из угельного полукокса . . . . .	300—320
Древесный уголь . . . . .	250

Реакционная способность кокса может быть оценена величиной критической подачи воздуха (КПВ), т. е. минимальным количеством воздуха, необходимого для поддержания горения топлива в определенных стандартных условиях. Чем меньше КПВ, тем выше реакционная способность топлива и тем более соответствует оно требованиям газификации.

КПВ для некоторых топлив характеризуется следующими величинами:

Древесный уголь . . . . .	менее 0,01
Полукокс . . . . .	0,01
Битуминозный уголь . . . . .	0,02
Антрацит . . . . .	не менее 0,035
Кокс газовый . . . . .	0,06
Доменный кокс . . . . .	0,07

Испытания газогенераторов горизонтального процесса показали, что допустимым верхним пределом КПВ является 0,04. Если судить по этому показателю, целесообразность использования высоко-

котемпературного кокса в транспортных газогенераторах требует дальнейшего изучения и проверки.

При определении возможности применения кокса в газогенераторных автомобилях необходимо учесть следующее.

1. Наличие квалифицированных потребителей кокса, которые должны быть удовлетворены в первую очередь (металлургическая промышленность и пр.).

2. Низкая реакционная способность, незначительное количество летучих и высокая температура воспламенения затруднят розжиг и работу газогенератора на коксе.

3. Газификация кокса происходит при высоком температурном режиме газогенератора. Для предохранения его от разрушения требуется применение футеровки (усложняющей и утяжеляющей конструкцию) или высококачественных металлов.

При наличии в СССР многообразных, более подходящих топлив нецелесообразно идти на усложнение и удорожание конструкции газогенератора ради газификации топлива, обеспечивающего работу автомобиля с весьма невысокими показателями.

Использование для газогенераторных автомобилей отходов металлургического кокса — так называемого коксика — также нецелесообразно, так как он содержит более 10% золы; часто фактическая зольность коксика доходит до 28—30%.

В последнее время проводились опыты над повышением реактивности кокса путем обработки его раствором щелочи (раствор углекислого натрия в воде при концентрации около 0,7%). Щелочная активация улучшает воспламеняемость некоторых сортов кокса на 30—40%. Лучшие результаты показал кокс из обогащенных углей вследствие его меньшей зольности по сравнению с коксом из рядовых углей. Проведенные исследования требуют дальнейшей экспериментальной проверки.

Подготовка активированного кокса потребует дополнительных капиталовложений на постройку установки для растворения щелочи. Эти капиталовложения, по английским данным, составляют около 2500 фунтов стерлингов для батареи, производящей 900 т кокса в сутки. Результаты применения активированного кокса в автомобильном газогенераторе пока неизвестны. Гораздо большие перспективы имеет использование для газогенераторного автопарка кокса, получаемого на газовых заводах.

Широкая газификация народного хозяйства страны в течение ближайших пятилетий предусматривает добычу газа из углей различных месторождений. Получаемый при этом кокс иногда будет значительно отличаться по качеству от кокса, идущего для нужд металлургии. Подбором углей соответствующих качеств и должной организацией технологического процесса можно получить кокс, пригодный к использованию в газогенераторных автомобилях.

Получение такого кокса особенно важно для районов, не располагающих другими видами топлива для газогенераторных авто-

мобилей (например, среднеазиатские республики, ряд крупных промышленных центров и т. д.). При этом промышленность, транспорт и коммунальное хозяйство этих районов получают высококалорийный газ (4000—5000 кал/м<sup>3</sup>). Опыта по применению такого кокса на отечественном транспорте пока нет; однако, исходя из результатов газификации других каменноугольных топлив (кокса, полуккокса, антрацита) и заграничного опыта, можно определить технические требования на газовый кокс для газогенераторных автомобилей (табл. 71).

Таблица 71

Показатели	Значение
Размеры кусков, мм . . . . .	6—25
Содержание летучих минимальное, % . . . . .	6
Содержание золы максимальное, % . . . . .	6
Содержание серы максимальное, % . . . . .	1
Температура плавления золы, °С . . . . .	не ниже 1250
Температура воспламенения кокса, °С . . . . .	не выше 450
Сопrotивление раздавливанию минимальное, кг/см <sup>2</sup> . . . . .	130

Для повышения реакционной способности кокса необходима его активация. Уголь должен быть предварительно обогащен. Так как газовый кокс является еще неосвоенным у нас видом газогенераторного топлива, окончательное решение вопроса о возможностях и формах его использования для автомобилей требует проведения ряда опытов и исследований. При этих опытах необходимо:

1) определить возможность и эффективность газификации газового кокса, а также эксплуатационно-экономические показатели работы автомобиля на нем;

2) произвести отбор конструкций газогенераторных установок и их отдельных агрегатов для наиболее эффективной газификации кокса;

3) определить требования к коксу и технологии его производства с точки зрения нужд автомобильного парка.

При успешном разрешении этих вопросов газодобывающая промышленность получит крупного потребителя кокса, а автотранспорт — значительное количество топлива нужных качеств.

## Б. Бурая древесина

Бурая древесина представляет собой облагороженное древесное топливо. Процесс получения ее заключается в температурной обработке древесины без доступа воздуха при 270—290° С.

При такой обработке древесина приобретает большую твердость и плотность, меньшую гигроскопичность, дает лучший по составу газ, содержащий меньше смол и кислот.



Некоторые данные о качестве бурой древесины как топлива для газогенераторных автомобилей приведены в табл. 72 и 73.

Таблица 72  
Сравнительные данные о качестве различных сортов древесины

Древесина с влажностью 10—15%	Кажущаяся плотность древесины, загруженной насыпью	Теплопроизводительность 1 л загрузки, кал	Объем, занимаемый количеством топлива, соответств. 1 л бензина (8500 кал)
Береза . . . . .	0.320	1210—1345	6,3—7,0
Ель . . . . .	0.277	1050—1165	7,2—8,0
Сосна малосмолистая . . . . .	0.255	970—1070	8,1—8,8
Бурая древесина . . . . .	0.300—0.400	1700—2700	3—5

Таблица 73  
Сравнительные данные состава генераторного газа в цилиндрах двигателя

Топливо, кг	Получено газа, л	В том числе		Количество необходимого воздуха, л	Объем рабочей смеси, л	Соотношение компонентов рабочей смеси, %	
		горючих (CO+CH <sub>4</sub> +H <sub>2</sub> ), л	негорючих (CO <sub>2</sub> +N <sub>2</sub> ), л			горючих	негорючих
Древесина с влажностью 18% . . . . .	2213	1126	1087	2815	5028	33,6	66,4
Древесина с влажностью 10% . . . . .	2384	1359	1125	3391	5875	37,5	62,4
Бурая древесина, полученная при 290° С . . . . .	3093	1635	1458	4088	7181	34,3	65,7
Древесный уголь, выжженный при 400° . . . . .	4220	1970	2250	4920	9140	32,3	67,7
Древесный уголь, выжженный при 545° . . . . .	5090	2040	3050	5110	10 200	30,0	70,0

Исследования, проведенные в 1939—1940 гг. в ЦНИИМЭ И. И. Грибановым, подтвердили приведенную выше характеристику бурой древесины.

Теплотворность этого топлива указана в табл. 74.

Таблица 74

Топливо	Теплотворность, кал/кг и кал/м <sup>3</sup>
Бурая древесина (270—290° С) . . . . .	5700—6800
Генераторный газ из бурой древесины . . . . .	1450—1500
Рабочая смесь (газ и воздух) . . . . .	630—650
Древесный уголь . . . . .	7000—7500

Влажность древесных чурок после карбонизации составляет от 5,81 до 7,83%.

Таким образом, карбонизированные древесные чурки имеют следующие преимущества перед обычными чурками воздушной сушки:

- 1) повышенную (в 1,5—2 раза) теплотворность;
- 2) большую плотность и твердость;
- 3) лучший по составу и теплотворности газ, содержащий меньше смол и кислот, что повышает эффективность работы газогенераторной установки и увеличивает срок ее службы;
- 4) меньшую гигроскопичность, облегчающую хранение чурки;
- 5) меньший расход древесины для одинакового пробега автомобиля.

Однако освоенных методов карбонизации древесных чурок пока еще нет. Обработка чурок в карбонизаторах ЦНИИМЭ малоэффективна, так как вследствие неравномерности процесса чурки получают различную степень термической обработки и влажности.

### В. Брикетирование топлив

Брикетирование топлив дает возможность:

- 1) значительно повысить эффективность их использования;
- 2) реализовать большое количество отходов топлива;
- 3) повысить качества бурых углей, торфа, древесного угля и других механически непрочных или легковесных топлив;
- 4) улучшить использование в автомобильных газогенераторах топлив, непригодных или мало пригодных для газификации.

Ресурсы для брикетирования в СССР огромны\*. Базами для брикетирования каменного угля может быть Донецкий бассейн, а также:

- Средняя Азия — бурые угли (Ангрен, Шураб, Сулукта);
- Украина — бурые угли (Александрия, Звенигородка);
- Дальний Восток — бурые угли (Райчихинские, Архарские);
- Урал — антрациты (Полтаво-Брединские).

Кроме того, возможно брикетирование углей (мелочи) Тквибульского, Сучанского, Карагандинского, Шпицбергенского, Воркутинского и других месторождений и бассейнов. Фрезерный торф может брикетироваться на разработках его. Возможно брикетирование торфяного кокса и полукокса.

Отходы древесноугольной металлургии (крошка древесного угля), составлявшие до войны только на Урале около 250 тыс. т в год, могут при брикетировании дать высококачественное топливо для автомобильных газогенераторов.

Химическая переработка древесины дает в числе побочных продуктов лигнин, из которого возможно получение топливных брикетов, пригодных для газификации в автомобильных газогенераторах.

\* А. В. Пожежинский. Брикетирование углей — дело большой важности. Журн. «Уголь» № 3, 1945 г.

Брикетирование дает также возможность использовать огромное количество отходов лесного и сельского хозяйства.

Закон о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946—1950 гг. предусматривает значительное развитие брикетнотопливной промышленности. В законе записано:

«Считать важнейшей задачей угольной промышленности решительное улучшение качества угля путем его обогащения, рас- сортировки и брикетирования».

Для осуществления этой задачи намечено к 1950 г. построить 26 угольных брикетных фабрик мощностью 10 млн. т брикета в год. Это обеспечит производство угольных брикетов на всех крупных бассейнах и разработках угля. Значительно увеличится также производство торфяных брикетов; в 1950 г. оно достигнет 1,2 млн. т, в том числе на территории РСФСР — 670 тыс. т (согласно закону о пятилетнем плане). Строительство торфобрикетных установок будет развиваться во всех республиках, наиболее богатых торфом, и достигнет к концу пятилетия, согласно закону, следующих мощностей (табл. 75).

Таблица 75

Республики	Мощность торфобрикетных установок к 1950 г., тыс. т
РСФСР . . . . .	780
УССР . . . . .	50
БССР . . . . .	130
Латвийская ССР . . . . .	70
Эстонская ССР . . . . .	50

Брикеты для отечественного газогенераторного автотранспорта являются новым видом топлива. Опыт их применения пока совершенно недостаточен.

Приведем краткую характеристику брикетов из различных видов топлива.

**1. Брикеты из каменного и бурого углей.** Обычно сырьем для изготовления брикетов служит угольная мелочь или непрочный, легко рассыпающийся уголь, непригодный для использования в естественном виде. Изготовление брикетов может осуществляться с добавкой связующих веществ или без них. Большинство бурых и каменных углей брикетируется с добавкой связующих; без добавок возможно брикетирование бурых углей типа лигнитов. Однако сейчас уже известны и применяются способы брикетирования угольной мелочи без применения связующих веществ, путем подогрева и прессования при высоких давлениях (1000—2000 атм).

Процесс производства брикетов обычно состоит из следующих операций:

- 1) подсушивания угольной мелочи;
- 2) размола брикетируемого и связующего вещества;
- 3) смешения угольной мелочи со связующим веществом для получения брикетной смеси;
- 4) получения из брикетной смеси прессованием или вальцеванием брикетов определенной формы.

Подсушка угольной мелочи производится в специальных печах. Влажность углей при подсушке может быть доведена до 2%.

Чаще всего в качестве связующего вещества употребляется каменноугольный пек, добавляемый к угольной мелочи в количестве 7—8% от общего веса. В последнее время каменноугольный пек заменяется другими, более дешевыми вяжущими веществами органического и неорганического происхождения. К ним относятся: жидкая смола, гудрон, пек с нафталиновым и антраценовым маслами. Добавка к каменноугольному пеку 2,5% соды сокращает его расход вследствие улучшения пропитки угля пеком.

Неорганические вещества (щелок целлюлозного производства, суспензия глины и т. д.) обычно вызывают повышение зольности брикетируемого топлива и поэтому при производстве брикетов для газогенераторных автомобилей не применяются.

Размер и форма брикетов могут быть различными в зависимости от требований потребителей и технологии производства. Высокую прочность и легкость прессования брикетов обеспечивает яйцеобразная форма.

Брикетируемое топливо по сравнению с ископаемыми углями имеет ряд преимуществ, из которых для автомобилей особенно важны следующие:

- 1) однородность состава брикетов;
- 2) возможность искусственного подбора наиболее подходящего для газификации состава брикетируемого топлива путем смешения нескольких марок углей;
- 3) однотипность кусков (брикетов);
- 4) легкая воспламеняемость и стойкость при нагревании;
- 5) хорошая транспортабельность (удобство перевозки и хранения, меньшее измельчение топлива);
- 6) более высокий насыпной вес, обеспечивающий больший пробег автомобиля на одинаковом по объему количестве топлива;
- 7) большая теплотворность.

Качество брикетов и возможность их газификации в автомобильных газогенераторах определяются:

- 1) качеством брикетируемого топлива;
  - 2) качеством связующих материалов;
  - 3) способом брикетирования.
- Технические требования к брикетам предусматривают соответствие их следующим условиям.

Брикеты из бурого угля должны быть без трещин, излом иметь темнокоричневый и черный. Влажность должна быть не выше 15%, зольность — не более 8%, сопротивление излому — около 2,5 кг/см<sup>2</sup>, теплотворность — 4500—5000 кал/кг. При нагревании в огне брикеты не должны распадаться. Они должны быть устойчивыми к атмосферным влияниям и механическим воздействиям.

Брикеты из каменного угля должны быть однородны по величине, весу, составу и прочности, при транспортировке давать мелочи не более 0,5%. Содержание влаги не должно превышать 5% и золы 10%. Брикеты должны иметь высокую теплотворность, легко загораться и не рассыпаться в огне, быть устойчивыми к атмосферным влияниям.

Связующие вещества не должны давать увеличения зольности, вредных примесей (например, серы) и газов, а также ухудшать механические качества брикетов. Часто употребляемый в качестве связующего каменноугольный пек содержит золы 0,43%, углерода 75,32%. Удельный вес его 1,275—1,286.

Качество брикетов в сопоставлении с углями Донецкого бассейна указано в табл. 76.

Таблица 76

Наименование топлива	Выход летучих веществ на горючую массу, %	Количество влаги на рабочее топливо, %	Количество золы на сухую массу, %	Теплотворность горючей массы в бомбе, кал/кг
Брикеты Моспинской фабрики . . . . .	16—17	1—2	8—9	8500
Уголь марки Т . . . . .	до 17	3—5	4,5—27	8400—8600
Уголь марки ПС . . . . .	12—18	3—5	11—25	8500—8550
Уголь марок ПС и ПЖ . . . . .	26—35	2—6	12—31	8250—8550

Брикеты могут изготавливаться также из антрацита. Характеристика брикетов из брединских антрацитов приведена в табл. 77.

Таблица 77

	Выход летучих веществ, %	Количество влаги, %	Количество золы, %	Теплотворность горючей массы, кал/кг
Брикеты из брединских антрацитов . . . . .	8—10	4—5	16—18	8000—8100

Брикеты из брединского антрацита и некоторых углей Донбасса отличаются высокой зольностью. При снижении зольности до 8—10% они вполне укладываются в рамки технических требований на автомобильное газогенераторное топливо.

Брикеты для автомобильного парка должны изготавливаться из малозольных углей, содержащих незначительные количества серы и дающих тугоплавкую золу. Последний показатель часто является решающим для возможностей применения топлива в газогенераторных автомобилях. Брикеты должны давать плотный, неспекающийся шлак. В случае образования шлака, спекающегося в куски значительных размеров, а также при растрескивании горящих брикетов и образовании в газогенераторе значительных количеств мелочи и пыли неизбежно нарушение процесса газификации, частые остановки автомобиля для чистки зольника и т. д.

Выбор процесса газификации определяется содержанием в брикетах летучих веществ. При количестве летучих более 12—15% необходим обращенный процесс газификации, при меньшем их количестве — прямой, а при содержании летучих в пределах 5—8% и золы 2—5% — горизонтальный процесс.

Угли, подвергающиеся брикетированию, должны предварительно обогащаться для максимального снижения их зольности.

Технические требования на брикетированный уголь (брикеты) для газогенераторных автомобилей могут быть выражены параметрами, приведенными в табл. 78.

Таблица 78

Показатели	Размерность	Значение
Размер брикетов максимальный . . . . .	мм	60 × 50 × 40
Сопротивление на излом минимальное . . . . .	кг/см <sup>2</sup>	10
Содержание золы А <sup>с</sup> максимальное . . . . .	%	8
Содержание летучих V <sup>г</sup> максимальное . . . . .	%	8
Содержание влаги W <sup>р</sup> максимальное . . . . .	%	10
Содержание серы максимальное . . . . .	%	1
Температура начала деформации золы минимальная . . . . .	°С	1100
Температура начала плавления золы минимальная . . . . .	°С	1250
Содержание мелочи в золе максимальное . . . . .	%	5
Характеристика шлака . . . . .	—	Мелкие неспекающиеся куски
Насыпной вес 1 м <sup>3</sup> . . . . .	кг	900—1000

Необходимость соответствия брикетов приведенным требованиям подтверждается опытом газификации буроугольных брикетов Александрийской фабрики, проведенным Украинлесом. Испытание проводилось на автомобилях ЗИС-21 с газогенераторной установкой Д-8.

Брикеты имели зольность 19,2%, теплотворность (низшую) — 4226 кал/кг. Механическая прочность была совершенно недостаточной, сопротивление на изгиб составляло 2,24—5,85 кг/см<sup>2</sup>, сопротивление на сжатие — 24 кг/см<sup>2</sup>.

Через 4—5 часов нормальной работы подача газа генератором ухудшалась, начинался его нагрев, повышалось разрежение в системе, а затем подача газа прекращалась. Причиной нарушения процесса было большое количество золы, мелочи и шлака, закупоривших газогенератор. Брикеты имели слишком малую прочность — 60% из них только за время погрузок и выгрузок при доставке на автобазу превратилось в мелочь, непригодную к газификации.

Это лишний раз подтверждает, что газификация топлива в автомобильных газогенераторах может эффективно осуществляться только при полном соответствии топлива предъявляемым к нему техническим требованиям, в зависимости от установки, в которой оно газифицируется.

**2. Брикеты из торфа.** Брикетирование торфа производится на Орехово-Зуевском торфобрикетном заводе прессованием торфа (главным образом гидроторфа) низинного типа под давлением 1500 атм без применения связующих. До брикетирования торф подвергается сушке, сортировке по крупности и отсеvu (удаление кусков пней, камней, металлических примесей и т. д.) с последующим дроблением наиболее крупных кусков торфа. Оптимальные условия для брикетирования торфа требуют влажности исходного материала в пределах 13—16%. При такой влажности получают наиболее прочные брикеты. Торф высокой степени разложения более пригоден для брикетирования, так как имеет больший объемный вес и быстрее подсушивается, что определяет повышенную производительность торфобрикетного производства.

Торфобрикеты имеют следующие преимущества перед кусковым торфом:

1) влажность брикетов вдвое меньше, чем торфа естественной сушки (12—15% против 25—30%), и более постоянна;

2) насыпной вес брикетов выше (600—800 кг/м<sup>3</sup> против веса торфа — 350—450 кг/м<sup>3</sup>); это увеличивает дальность хода автомобиля на одной заправке примерно на 50—60%;

3) теплотворность брикетов составляет 4200—4500 кал/кг (торфа — 3200—4000 кал/кг).

Качества брикетов могут быть повышены при брикетировании с добавкой связующих. Присадка 10% торфяного пека (по весу) делает торфобрикеты влаго- и жаростойкими. Механическая прочность их повышалась (испытание на раздавливание) с

50 кг/см<sup>2</sup> для обычных торфобрикетов до 75 кг/см<sup>2</sup>. Теплотворность увеличивается до 5949 кал/кг, а зольность уменьшается с 4,25% до 3,69%.

Торфобрикеты как топливо для газогенераторов характеризуются следующими качествами:

1) реакционная способность их высока, розжиг газогенератора осуществляется быстрее, чем на древесных чурках;

2) теплотворность и насыпной вес выше, чем древесной чурки, что обеспечивает более длительную работу двигателя автомобиля на одинаковом по объему количестве топлива (табл. 79).

Т а б л и ц а 79

Вид топлива	Насыпной вес, кг/м <sup>3</sup>	Теплотворность низшая, кал/кг	Теплотворность м <sup>3</sup> горючего, кал/м <sup>3</sup>
Древесные чурки . . .	250—350	3400—3800	85.10 <sup>4</sup> —133.10 <sup>4</sup>
Торф кусковой естественной сушки . . .	330—450	3300—3500	99.10 <sup>4</sup> —157.10 <sup>4</sup>
Торфобрикеты . . .	550—600	4000—4500	220.10 <sup>4</sup> —270.10 <sup>4</sup>

Торфобрикеты, выпускавшиеся Орехово-Зуевским заводом, имели следующую характеристику:

Влажность абс. . . . .	12—14%
Зольность — (% к сухой массе) . . . . .	6—9%
Размеры брикетов . . . . .	185 × 65 × (20—30) мм
Удельный вес . . . . .	1,0—1,2
Насыпной вес . . . . .	600—800 кг/м <sup>3</sup>

Применение торфобрикетов как топлива для газогенераторных автомобилей. Основная трудность при газификации торфобрикетов — наличие золы, забивающей камеру газификации.

Опыты по использованию в стандартных газогенераторных автомобилях для древесных чурок брикетов Орехово-Зуевского завода (проведенные с 1940 по 1945 г. НАТИ и ЦНИИАТ) не дали нужных результатов вследствие несоответствия качества торфобрикетов предъявляемым к ним требованиям. При нагревании торфобрикеты как бы распаривались и давали большое количество мелочи, которая способствовала закупорке камеры газификации и приводила в конечном итоге к остановке процесса. Зольность брикетов составляла 9—12%, а влажность 17%.

В силу этого работа стандартных автомобилей для древесных чурок на торфобрикетах Орехово-Зуевского завода оказалась практически невозможной (чистка зольника и перезарядка бункера требовались через 12—15 км).

Проведенные НАТИ в 1939 г. испытания газогенераторных автомобилей ЗИС-13 и ГАЗ-14 подтверждают сделанный выше вывод. При этих испытаниях была выявлена следующая зависимость периодичности чистки зольника от зольности торфобрикетов (табл. 80).

Таблица 80

Зольность торфобрикетов, %	Периодичность чистки зольника, км	
	ЗИС-21 (13)	ГАЗ-42 (14)
6.35	214	—
8.75	86—184	67—129
9.97	63—128	—
11.87	30—80	—

В 1942—1945 гг. НАТИ и ЦНИИАТ были проведены опыты с установками ГАЗ-42 и ЗИС-21, специально приспособленными для газификации торфа. Изменения в установках заключались:

1) в устройстве решетки в горловине камеры газификации (конструкция Ротмистрова, испытания ЦНИИАТ);

2) в применении обрезанной по горловину камеры газификации с подпором для золы и шлаков (конструкция Соколова и Балабанова);

3) в применении укороченной камеры газификации с коническим зольником (конструкция Орехово-Зуевского торфобрикетного завода, испытания НАТИ и ЦНИИАТ).

В табл. 81 указаны результаты испытаний перечисленных выше автомобилей.

Таблица 81

Конструкция автомобиля	Вид топлива	Время запуска холодного газогенератора, мин.	Скорость автомобиля ЗИС, км/час		Периодичность чистки зольника, км		Расход основного топлива на 100 км, кг	
			максимальная на шоссе с грузом	средняя с грузом	для ГАЗ-42	для ЗИС-21	для ГАЗ-42	для ЗИС-21
Стандартный . . .	Древесная чурка	7—8	—	—	800	800	60	100
То же . . . . .	Торфобрикет	6—9	—	—	67—129	86—184	56	94.5
С решеткой Ротмистрова . . . . .	То же	7—8	39,4—50	27,8—38	—	—	—	75.8
С подпором Соколова и Балабанова	„	8—12	55	33	—	100—120	100	155
С коническим зольником . . . . .	„	8—12	—	33,3	—	200	—	100

В 1945 г. инженеры Соколов и Балабанов опубликовали в журнале «Автомобиль» результаты испытаний газогенераторного автомобиля ЗИС-21 с переделанной камерой газификации (с подпо-

ром) на разных топливах. Данные, полученные при этих испытаниях, приведены в табл. 82 и 83.

Таблица 82

Технико-эксплуатационные показатели автомобиля ЗИС-21 с камерой газификации Соколова и Балабанова

Показатели	Вид топлива		
	торфобрикеты	кусковой торф	древесная чурка
Максимальная скорость на асфальтовом шоссе с грузом 2,8 т, км/час	55	48	Такая же, как у стандартного автомобиля ЗИС-21
Средняя техническая скорость с тем же грузом, км/час . . . . .	42	35	То же
Расход топлива, кг/км . . . . .	0,8—1,0	1,15—1,25	0,9—1,0
Дальность хода на одной заправке бункера до выжига, км . . . . .	200	65—90	85—90
Продолжительность розжига холодного газогенератора и перевода на газ, мин. . . . .	12—15	15—18	10—15

Таблица 83

Периодичность обслуживания автомобиля ЗИС-21 с камерой газификации Соколова и Балабанова

Вид топлива	Очистка зольника	Догрузка топлива в газогенератор	Очистка грубых очистителей	Промывка колец Рашига
Торфобрикет . . . . .	200	150	800—1000	4000—5000
Кусковой торф . . . . .	160	50—70	600	3000—4000
Древесные чурки . . . . .	200	70	600—800	2000

Результаты испытаний торфобрикетов в автомобильных газогенераторах приводят к следующим выводам.

1. Возможность применения торфобрикетов определяется:

а) их зольностью; успешная газификация торфобрикетов возможна при содержании золы в них не более 7—8%.

б) принятым процессом брикетирования; брикетирование без добавки связующих (торфобрикет Орехово-Зуевского завода) дает топливо, легко рассыпающееся в огне. Для получения торфобрикетов, полностью отвечающих предъявляемым к ним требованиям,

брикетированию должен подвергаться торф соответствующих качеств (так называемый «автомобильный», с зольностью не выше 3—4%), причем желательна присадка связующих;

в) конструкцией газогенераторов; в связи с повышенным уносом вместе с газом пыли и мелочи газогенераторная установка должна иметь усиленную систему очистки газа от пыли и смол и камеру газификации, приспособленную для большого золообразования.

2. Торфобрикеты имеют ряд преимуществ перед кусковым торфом. Применение их в автомобильных газогенераторах целесообразнее, чем кускового торфа.

Технические требования на торфобрикеты для газогенераторных автомобилей приведены в табл. 84.

Таблица 84

Показатели	Размерность	Значение
Размер брикета . . . . .	мм	50 × 30 × 20
Сопротивление на раздавливание минимальное . . . . .	кг/см <sup>2</sup>	60
Содержание влаги максимальное . . . . .	%	15
Содержание летучих максимальное . . . . .	%	8—20
Содержание серы максимальное . . . . .	%	0,7
Содержание золы максимальное . . . . .	%	8
Температура плавления золы минимальная	°С	1200
Характер шлака . . . . .	—	Неспекающиеся куски
Наличие мелочи (0—10 мм) в золе максимальное . . . . .	%	8
Насыпной вес 1 м <sup>3</sup> . . . . .	кг	650—750

При наличии торфа, обеспечивающего получение торфобрикета не ниже требований, приведенных в табл. 84, можно организовать производство брикетов на небольших установках, обслуживающих парк района, располагающего соответствующим торфом.

Гипроместтоппром были разработаны брикетные установки с производительностью 5—25 тыс. т брикетов в год.

Затраты на сооружение таких установок сравнительно невелики.

Оборудование установки на 5 тыс. т состоит из сушильного барабана и штемпельного пресса. Расход сырья на брикетирование — 10 тыс. т в год.

Такая установка может обеспечить топливом 200—250 грузовых газогенераторных автомобилей в течение всего года.

3. **Брикеты из торфококса.** Возможность применения для газогенераторных автомобилей брикетов из торфяного кокса не подвергалась специальному изучению; эффективность их использования в качестве газогенераторного топлива определяется следующими соображениями:

1. Торфяной кокс нужных кондиций может получаться из малозольных торфов (2—3%), что значительно ограничивает возможности выработки его в широких масштабах.

2. По своим качествам (теплотворности, реакционной способности, составу органической массы) торфяной кокс превосходит многие другие виды топлива.

3. Брикетирование торфяного кокса позволит устранить наиболее существенный его недостаток — механическую непрочность, повысит насыпной вес и улучшит топливные качества. Для брикетирования потребуется применение связующих добавок, которые должны быть малозольными и не должны ухудшать качества брикетов.

4. Газификация торфококсовых брикетов возможна по прямому или горизонтальному процессу, что упрощает конструкцию газогенераторной установки и облегчает ее эксплуатацию.

5. Качество брикетов должно быть не ниже требований, приведенных в табл. 84 для брикетированного торфа.

4. **Брикеты из древесных топлив.** Брикетирование древесного топлива (древесной мелочи, угля, отпада, хвои, листьев, шишек и т. д.) изучено и освоено мало. До настоящего времени еще нет установившейся промышленной технологии производства древесных брикетов. Поэтому производство брикетов из древесных топлив находится в стадии экспериментирования и ограничивается полужавовскими установками. Из древесины в зависимости от технологии обработки ее может быть получено значительное число сортов топлива, существенно различающихся между собой. Наибольшее практическое значение из них имеют древесноугольные брикеты, являющиеся отличным топливом для газогенераторных автомобилей.

Брикетирование древесного угля придает ему ряд новых, очень ценных свойств:

- а) очень малую способность к поглощению влаги и окислению;
- б) значительную механическую прочность и хорошую транспортабельность;
- в) высокую термическую прочность;
- г) высокий (по сравнению с древесным углем) удельный вес (0,6—0,7);
- д) высокую теплотворность (около 7000 кал/кг).

При этом брикеты занимают в 4 раза меньший объем, чем древесный уголь.

Производство древесноугольных брикетов требует применения связующих (попытки изготовления брикетов без связующих не дали практически ценных результатов). В качестве связующих могут использоваться как органические, так и неорганические вещества; возможно также применение смешанных связующих. Было предложено несколько десятков различных связующих материалов, в том числе: пек, каменноугольная, торфяная и древесная смолы, масла от разгонки смол и нефтяных остатков, парафин, асфальт, мука, декстрин, картофель, различные белковые

вещества, клей, сульфитные щелоки, цемент, силикаты, гашеная известь и т. д. Большинство этих связующих практического применения в промышленных масштабах не получило. Лучшими связующими остаются органические вещества и главным образом смолы.

Однако большой спрос на смолы в других отраслях промышленности ограничивает возможность их применения для брикетирования. Применение неорганических связующих не рекомендуется, так как они вызывают значительное увеличение зольности брикетов, что нежелательно при использовании их в качестве топлива для газогенераторных автомобилей. Однако возможно применение менее качественных и дефицитных связующих, чем смолы, с одновременным принятием специальных мер для улучшения качества брикетов.

К таким мерам относятся:

1) увеличение механической прочности — прокаливание брикетов при температуре до  $1000^{\circ}$ , покрытие брикетов внешней защитной оболочкой из бумаги или специальных составов (клей, бихромат натрия и т. д.);

2) улучшение водостойкости — применение при изготовлении брикетов крахмала с пеком, асфальтом и цементом; покрытие брикетов водонепроницаемой оболочкой (бумагой или специальными химическими составами);

3) повышение стойкости к атмосферным влияниям и уменьшение потерь при хранении — покрытие брикетов оболочкой из смолы;

4) ускорение сгорания — добавление к брикетам легковоспламеняющихся веществ, облегчающих их воспламенение.

А. Брикетты из древесной мелочи готовят из отходов древесины (мелких ветвей, сучьев, опилок, стружки, хвои, шишек и т. д.). Перед брикетированием они предварительно высушиваются до влажности 5—10% (абс.) и измельчаются до порошкообразного состояния в специальных машинах (дробилках, вальцах, шаровых мельницах). Полученная масса перемешивается с древесным пеком (или другим связующим) и прессуется в брикетты под давлением 300—800 кг/см<sup>2</sup>. Расход пека обычно составляет 9—20% веса древесной массы, при этом увеличение количества пека повышает прочность брикеттов. После прессования брикетты прокаливаются при температуре  $250^{\circ}$  С без доступа воздуха. Возможно брикетирование размолотой древесной массы и по другому способу (А. А. Глотова). Масса подогревается в реторте до  $300\text{—}400^{\circ}$ , а затем прессуется в брикетты на прессе, нагретом до температуры  $350^{\circ}$  С. Такие брикетты называются экзобрикеттами.

Брикетирование хвои и шишек может производиться без добавки связующих, так как их заменяют смолистые вещества, содержащиеся в этих отходах.

Брикетированная древесина значительно отличается от естественной. Теплотворность ее повышается почти в два раза, приближаясь к теплотворности брикеттов из древесного угля (см. табл. 85).

Вид топлива	Удельный вес	Теплотворность, кал/кг
Березовый уголь брикетированный	0,9—1,2	7400—7600
Сосновый уголь брикетированный	0,9—1,2	6520
Экзобрикетты из древесных опилок	1,0	5179—6268

Брикетирование отходов древесины со связующими требует доставки их к месту изготовления брикеттов, при этом стоимость древесных отходов оказывается гораздо меньшей, чем стоимость материала для связывания брикетируемой массы. Поэтому брикетирование без связующих имеет преимущества перед брикетированием с их применением. Однако брикетты, изготовленные без связующих, рассыпаются после 5—30 суток хранения в закрытом помещении. Для увеличения плотности брикеттов необходимо применение больших давлений и нагрева пресса. При этом нагрев не должен превышать  $270\text{—}280^{\circ}$  С, так как при более высокой температуре начинается самопроизвольная экзотермическая реакция разложения древесины с повышением температуры до  $850\text{—}900^{\circ}$  С, при которой древесина будет обугливаться.

Брикетты, полученные без нагревания пресса, непригодны для газификации, так как они разбухают и разваливаются, образуя большое количество мелочи.

Наилучшим качеством обладают брикетты, получаемые при нагреве до  $250^{\circ}$  С; они полностью отвечают требованиям на газогенераторное топливо, но приготовление их затруднено вследствие недостаточной разработанности технологии производства.

Б. Древесноугольные брикетты. Брикетирование древесного угля дает возможность использовать отходы древесноугольной металлургии и лесохимического производства, а также отходы лесного хозяйства (после их переугливания).

Брикетирование древесного угля позволяет значительно повысить его качества (например, насыпной вес, транспортабельность и т. д.).

Брикетирование древесного угля производится с применением связующих. Размельченный уголь перемешивают со смолой (15—20%) и прессуют на вальцовом прессе. Из пресса брикетты направляются в закалочную печь, в которой они подвергаются термической обработке при  $375\text{—}450^{\circ}$  С. Насыпной вес 1 м<sup>3</sup> древесноугольных брикеттов — 600—700 кг.

В 1940 г. НАТИ были испытаны брикетты, изготовленные ЦНИЛХИ.

В качестве связующих применялись: смола, получаемая на Ашинском заводе при переработке древесины, смола из стационарных газогенераторов и смола из углевыжигательных печей Шварца.

Угольная мелочь (патья) была сильно засорена песком, так как завод работает на сплавной древесине, загрязненной песком и илом. Для уменьшения зольности брикетов был разработан способ обогащения патьи, заключавшийся в предварительном отсеивании из нее пыли и порошкообразной части с последующей промывкой (отмучиванием) землистых примесей водой. Этот способ позволил уменьшить зольность патьи с 17—23% до 3—5%; при этом в связи с потерями количество патьи уменьшилось на 30% (по весу). Зольность брикетов из обогащенной патьи составляла 3,65—6,8% (а из товарного древесного угля — 2,7—3,5%). Патья смешивалась со смолой в соотношении 1:0,33—0,35. Брикетыв изготовлялись цилиндрической формы, диаметром 22 мм и высотой 15 мм. Изготовление брикетов производилось следующим образом. Патья (после обогащения) смешивалась со смолой сначала вручную, а затем подавалась на смеситель и пропусклась через него 2—3 раза до полного измельчения угля и получения однородной массы. Масса выдерживалась 2—3 дня и передавалась на пресс для изготовления брикетов. Брикетыв хорошо просушивались, а затем прокаливались в реторте до 420—440° С. Выгрузка брикетов из реторты производилась после окончательного охлаждения.

В. Лигниновые брикетыв и ликрит. Лигниновые брикетыв получаютыв из отходов лесохимической промышленности. Лигнин представляет собой одну из главных составных частей древесины. Он содержит 50—80% влаги, легко брикетироватыв без добавок связывающего материала, обладает большой пластичностью и дает плотную массу. Брикетыв получаютыв такой прочностью, что их можно сверлить, пилить и т. д. Теплотворность лигнина около 5000 кал/кг. Он имеет ценное для газогенераторов качество — легко воспламеняется. Уголь лигнина прочный, равный по качеству древесноугольным брикетам.

Ликрит представляет собой древесноугольное топливо, изготовляемое по методу, разработанному кафедрой лесохимических производств Ленинградской лесотехнической академии им. С. М. Кирова. В отличие от древесноугольных брикетов ликрит является продуктом комплексного использования древесной смолы и угольной мелочи. Ликритовые брикетыв формируются при помощи шнековой машины из пасты, представляющей собой смесь равных по весу частей грубоизмельченного древесного угля и газогенераторной смолы. Конечная термическая обработка в ретортах обычного типа, применяемых при сухой перегонке дерева, придает брикетам необходимую прочность. Сырьем для изготовления ликрита служат отходы газификации, сухой перегонки древесины и углержения.

Проведенные испытания различных брикетов позволяют сделать следующие выводы.

1. Брикетирование древесных топлив для газификации в автомобильных газогенераторах значительно повышает их качество и

эффективность использования. Приведенные в табл. 86 данные наглядно показывают соотношение по теплотворности брикетированных топлив, бензина и древесных чурок (при теплотворности бензина 10400 кал/кг и удельном весе 0,755).

Таблица 86

Вид топлива	Эквиваленты к бензину	
	весовой	объемный
Бензин автомобильный	1,0	1,0
Чурки березовые . . . . .	3,2	7,2
Уголь древесный березовый . . . . .	1,38	5,5
Бурая древесина . . . . .	1,73	3,74
Брикетыв древесноугольные . . . . .	1,38	2,1
Ликрит . . . . .	1,7	2,3
Брикетыв лигниновые . . . . .	1,93	1,73

Высокая теплотворность при большом насыпном весе обеспечивает больший пробег автомобиля на одинаковом по объему количестве топлива. Сравнительная характеристика топлив по этому показателю приведена в табл. 87.

Таблица 87

Вид топлива	Насыпной вес, кг/м <sup>3</sup>	Теплотворность, кал/кг	Расход на 1 км пробега, кг (ГАЗ-АА)	Пробег на 1 м <sup>3</sup> топлива	
				км	% по отношению к пробегу на древесной чурке
Бензин . . . . .	755	10400	0,155	4875	914
Чурки березовые . . . . .	320	3400	0,600	534	100
Уголь древесный . . . . .	190	7500	0,350	184	34
Бурая древесина . . . . .	350	6000	0,400	876	180
Брикетыв древесноугольные . . . . .	500	7500	0,350	1430	268
Ликрит . . . . .	550	6100	0,360	1530	287
Брикетыв лигниновые . . . . .	840	5400	0,370	2270	465

Приведенные в табл. 87 цифры показывают, что брикетирование угля дает возможность, не снижая его топливных качеств, устранить присущие ему дефекты (малая механическая прочность, небольшой насыпной вес) и повысить пробег автомобиля на одинаковой по объему загрузке бункера в 7—8 раз (по опытным данным, в 2—3 раза, при невысоких качествах брикета). Это свидетельствует о рациональности брикетирования древесного угля.



Сравнительные эксплуатационные данные по газогенераторным автомобилям, работающим на древесном угле и древесноугольных брикетах, приведены в табл. 88.

Таблица 88

Виды топлива	Скорость максимальная, км/час	Время преодоления подъема в 4,5° длиной 400 м, сек.	Вместимость бункера, кг	Пробег на одной зарядке, км	Продолжительность розжига газогенератора, мин.	Шлакообразование в газогенераторе, кг/100 км
Брикеты древесноугольные . . . . .	50,2	70	85	120—130	6—12	0,3—2,0
Ликрит . . . . .	—	—	—	90—100	—	—

2. Обеспечение автомобилей брикетированным древесным углем, являющимся высококачественным топливом, возможно за счет использования отходов:

а) древесноугольной металлургии;

б) лесного хозяйства, дающего при заготовке древесины большое количество различных остатков дерева;

в) лесобработывающей и лесохимической промышленности (опилки, стружки, древесный уголь — патья и т. п.).

Кроме того, возможно частичное использование малоценного кустарника и древесины, не имеющей промышленной и топливной ценности.

Приготовление топлива из отходов (большой частью малоценных) дает возможность рационально утилизировать их и снизить стоимость получаемых брикетов.

Переработку сырья для брикетирования необходимо осуществлять с максимальным использованием всех продуктов, получающихся при этом процессе. Полная переработка даст возможность наряду с приготовлением хорошего топлива получать ряд других ценных продуктов, за счет которых значительно снижается стоимость основного продукта — древесного угля и брикетов.

Стоимость производства брикетов в лесном хозяйстве (при работе одного пресса в течение 200 дней) и в лесоразрабатывающей и лесохимической промышленности при работе в течение 250—270 дней, по данным ЦНИЛХИ за 1940 г., приведена в табл. 89.

По другим источникам, стоимость одной тонны древесноугольных брикетов определяется в 130—150 руб.

Для возможности эффективного использования древесноугольных брикетов должны отвечать техническим требованиям, указанным в табл. 90.

Статьи расходов	Вид брикетов					
	лесосечные отходы		отходы деревообработки		древесноугольные	
	сумма руб.— коп.	% к итогу	сумма руб.— коп.	% к итогу	сумма руб.— коп.	% к итогу
Зарплата с начислениями . . . . .	35—70	28,06	28—36	25,73	10—12	9,98
Амортизация, энергия, ремонты и прочие производственные расходы	49—08	38,58	34—85	28,9	20—35	20,80
Накладные расходы . . . . .	11—00	8,64	7—50	6,81	4—90	4,83
Стоимость сырья . . . . .	31—45	24,72	42—50	38,56	66—00	65,11
Общая стоимость брикетов . . . . .	127—23	100,00	110—21	100,00	101—37	100,00

Таблица 90

Показатель	Размерность	Величина
Размеры брикета . . . . .	мм	20 × 30 × 20—15
Сопротивление раздавливанию минимальное . . . . .	кг/см <sup>2</sup>	65
Содержание влаги минимальное . . . . .	%	4
Содержание влаги максимальное . . . . .	%	12
Содержание смолистых веществ максимальное . . . . .	%	0,8
Содержание летучих максимальное . . . . .	%	8—15
Содержание золы максимальное . . . . .	%	5
Содержание серы максимальное . . . . .	%	0,1
Температура плавления золы . . . . .	°С	1300
Характер шлака . . . . .	—	Неспекующиеся куски
Наличие мелочи (менее 10—20 мм) в бункере . . . . .	%	5
Насыпной вес минимальный . . . . .	кг/м <sup>3</sup>	500

Допустимое количество летучих определяется принятым процессом газификации. При прямом и горизонтальном процессах газификации оно должно быть не выше 6—8%, а при обратном процессе может достигать 12—15%.

## ОТХОДЫ ЛЕСНОГО И СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

1. **Отходы лесного хозяйства.** Квалифицированное использование отходов лесного хозяйства дает возможность не только обеспечить автотранспорт весьма значительным количеством газогенераторного топлива, но и разрешить задачу очистки огромных площадей лесоразработок. По данным ЦНИЛХИ, отходы лесного хозяйства составляют ежегодно 30—50 млн. т.

Изучение лесорубочных остатков в лесах центральных областей РСФСР (Калининской, Московской, Ивановской, Орловской) показало, что при сплошной вырубке леса количество лесорубочных остатков (ветви, сучья, хвоя, листья, шишки, кора, опилки, щепки, пни и вершины) на 1 га леса составляет в среднем 1033 м<sup>3</sup>, или 53 т\*. По отдельным видам они распределяются следующим образом:

крупные (диаметром 4,5 см и выше) . . . . .	33%
средние (диаметром 2,5—4,4 см) . . . . .	31%
мелкие (диаметром менее 2,5 см) . . . . .	36%

Все эти остатки должны удаляться вывозкой.

Очистка лесов обуславливается необходимостью:

- 1) уменьшения пожарной опасности;
- 2) борьбы с насекомыми — вредителями леса, усиленно размножающимися в лесорубочных остатках;
- 3) создания нормальных условий для естественного возобновления леса;
- 4) обеспечения работы в лесу транспорту и рабочим с наиболее высокой производительностью.

Очень часто для очистки леса отходы сжигаются на месте, на что тратятся весьма большие средства и рабочее время без получения какой-либо полезной продукции.

Использование отходов лесорубки, а также отходов лесобработывающих заводов (щепа, стружка и т. д.) возможно или в виде чурок стандартных размеров (если среди отходов есть достаточное количество крупных кусков), или в виде угля. Заготовка чурок из отходов может быть облегчена и упрощена применением весьма несложных сучкорезных станков.

Перед разделкой на газогенераторное топливо отходы (сучья или щепа) должны иметь нормальную влажность (20%) и удовлетворять прочим требованиям к древесине, изложенным в гл. 3. При невозможности получения из лесных отходов древесной чурки стандартных размеров необходимо использовать их для выжигания угля с последующим брикетированием.

В этом случае древесина и получаемый из нее уголь должны соответствовать требованиям, изложенным в гл. 4. Переугливание

\* Для областей севера и северо-востока (Сибири, Дальнего Востока) количество отходов, по данным ЦНИИМЭ, еще больше.

отходов может быть осуществлено в печах различных конструкций. При выжиге угля непосредственно у мест лесорубок могут быть использованы переносные (разборные) печи типа ЦНИИМЭ.

Перед укладкой в печь сучья, вершины и тонкие отводы молодняка должны быть высушены и, по возможности, окорены. Чем меньше коры попадает в печь, тем меньшую зольность и лучшее качество будет иметь уголь.

Сравнительная характеристика печей по производительности и расходу металла приведена в табл. 91. Из этой таблицы видно, что печи ЦНИИМЭ как по затрате металла на 1 м<sup>3</sup> емкости печи, так и по выходу угля в сутки на 1 м<sup>3</sup> объема являются лучшими из всех сравниваемых печей.

Таблица 91

Характеристика углевыжигательных печей

Показатели	„Триан“	„Триан“	Нильме-	Ластан-	Рекс	Реманен	Маньен	ЦНИИМЭ	Карбониз. ЦНИИМЭ	типа «КГ»
	симплекс	автоматик	лиор	дарт						
Затрата металла на 1 м <sup>3</sup> емкости печи, кг . . . . .	188	188	138	216	117	180	—	73	135	
Выход угля в сутки на 1 м <sup>3</sup> объема, кг . . . . .	29,8	41,6	40,5	45,2	29,3	75	36	100	100	

Качество и свойство газогенераторного топлива, полученного из лесоотходов, не должно отличаться от одноименного топлива, полученного из ствола дерева (чурки или уголь).

В 1940 г. ЦНИИМЭ исследовал возможность обеспечения газогенераторного автомобильного парка, работающего в лесной промышленности, топливом за счет утилизации отходов лесного хозяйства (выжигания угля) и определил наиболее рациональные формы организации топливного хозяйства. В результате этой работы было установлено, что наиболее рациональным методом получения угля из отходов (сучьев) является выжиг его в печах (переносных) или карбонизаторах. Выжиг из сучьев угля в кучах и ямах не может быть рекомендован, так как в процессе выжигания происходит неравномерная осадка кучи, вызывающая разрывы в наружном, дерновом покрове. Эти разрывы вызывают горение угля вследствие свободного доступа воздуха и приводят к снижению его качества, сокращению выхода и загрязнению.

Наиболее рациональной формой организации топливного хозяйства является система, при которой заготовка сучьев, переугливание и дробление угля производятся на «верхнем складе» (т. е. у мест лесоразработок, непосредственно в лесу), а на «нижние склады» (к местам потребления) подается готовый уголь.

Средняя величина выхода отходов древесины, годной для переугливания, равна 11% от всей заготавливаемой древесины. Из 1 скл. м<sup>3</sup> сучьев получается 50 кг угля. 1 га дает 130 фестметров

древесины и 15 фестметров (или 30 скл. м<sup>3</sup> — 11,5%) угольника. Таким образом, для выжига 1 т угля нужно 20 м<sup>3</sup> угольника. Продолжительность работы печей на одном месте — около 75 рабочих дней при норме выработки угля 5 м<sup>3</sup> в смену (4 печи ЦНИИМЭ или 3 карбонизатора типа «КГ»).

Трудовые затраты на 1 т угля в человеко-днях приведены в табл. 92.

Таблица 92

Заготов-ка уголь-ника	Подвозка к месту углежжения	Переуг-ливание	Дробле-ние и сорти-ровка угля	Перевозка угля с верх-него склада на нижний	Итого
4	1.25	4	2	1	12.25

При этом требуются следующие затраты металла и средств (табл. 93).

Таблица 93

	Печи ЦНИИМЭ	Карбони-затор ЦНИИМЭ типа «КГ»
Затраты металла на 1 т угля, кг . . . . .	0.97	1.82
Капитальные затраты на топливное хозяйство, руб. . . . .	6120	7920
Себестоимость 1 т угля (в ценах 1940 г.), руб. — коп. . . . .	291—35	293—50

По приведенным в табл. 93 данным (особенно по расходу металла) предпочтение должно быть отдано печам ЦНИИМЭ, как более рентабельным.

Кроме сучьев, для приготовления топливных брикетов возможно использование отпада (хвои, листьев). До войны в некоторых местах (например, в Белоруссии, в районе г. Гомеля) работали полузаводские установки по выработке таких брикетов. Этими брикетами снабжался ряд промышленных предприятий.

По данным ЦНИЛХИ, при ежегодном сборе отпада количество его составляет около 3 т с 1 га леса. Практически сбор отпада равен 2,5—2,6 т с 1 га. На приготовление 1 т брикетов расходуется 1150 кг отпада. Брикеты имеют следующую характеристику:

Размер . . . . .	180 × 60 × 22 — 25 мм
Вес . . . . .	200—240 г
Влажность . . . . .	12—18%
Зольность . . . . .	3—4%
Удельный вес . . . . .	0,6
Теплотворность . . . . .	4000—4500 кал/кг
Себестоимость изготовления (в ценах 1937 г.) . . . . .	65 руб. 47 коп. за тонну

В заключение укажем на возможность газификации пород, малоценных в техническом и топливном отношении.

Примером такого топлива может служить саксаул, который произрастает в среднеазиатских республиках и Казахской ССР, занимая огромные площади в Кара-Кумах, Моюн-Кумах, Прибалхашских песках и т. д. Саксаул имеет ствол высотой до 5—8 м и корни длиной до 20 м. Древесина его хрупка и на делочные работы не годится. В то же время она очень крепка и с трудом поддается распиловке. Объемный насыпной вес чурок из саксаула равен 600 кг/м<sup>3</sup>, березовых — 300 кг/м<sup>3</sup>. Свежесрубленный саксаул имеет влажность 20—23%, не требует длительной сушки и дает 30—50% угля от веса древесины.

Опыты газификации чурок из саксаула, проведенные в 1939 г. ЦНИИМЭ на газогенераторных автомобилях ЗИС-21, дали хорошие результаты. Мощность двигателя при 2000 об/мин. была равна 37,6 л. с. Автомобиль расходовал на 100 км пробега 96 кг чурок. Запаса топлива для газогенератора ЗИС-21 хватало на 110—120 км пробега (на березовых чурках — на 60—70 км). Средняя техническая скорость в пробеге Москва — Киев — Москва была 31,9 км.

Недостатком при работе на чурках из саксаула является повышенное золообразование, сокращающее пробег автомобиля до чистки зольника на 36—40% по отношению к пробегу на березовых чурках. Использование саксаула дает возможность обеспечить газогенераторные автомобили серийного выпуска качественным топливом в таких безлесных районах, как Казахстан и другие.

**2. Отходы сельского хозяйства.** Непрерывно развивающееся социалистическое сельское хозяйство ежегодно дает огромное количество различных отходов в виде соломы и шелухи семян. При среднем урожае соломы с 1 га зерновых культур в 15 ц только по РСФСР в 1950 г. с посевной площади в 68 млн. га должно быть собрано около 102 млн. т соломы, не считая прочих отходов. Солома используется обычно в сельском хозяйстве как топливо и как подстилочный, кровельный и т. п. материал. Между тем солома и другие отходы сельского хозяйства обладают качествами, позволяющими использовать их (после соответствующей обработки) как газогенераторное топливо. Необходимым условием для такого использования является брикетирование, так как солома имеет очень малый насыпной вес (около 15 кг на 1 м<sup>3</sup>).

По своим физико-химическим свойствам солома и отходы сельскохозяйственных культур близки к другим растительным топливам.

Органическая масса соломы изменяется очень незначительно в зависимости от вида растения. Содержание золы колеблется от 3,3% (рожь, лен) до 7,2% (овес, гречиха). Теплотворность соломы изменяется в пределах от 4000 до 5000 кал/кг. Примерно такие же показатели имеют и другие виды сельскохозяйственных отхо-

дов (корье, лузга, костра, шелуха различных культур). Солома весьма гигроскопична, влажность воздушно-сухой соломы обычно равна 25% и выше. При сжигании солома дает порошкообразную золу, а костра — слипшуюся. Существенным недостатком соломы является низкая температура плавления ее золы. Так, при 820° С начинается деформация золы, а при 950° С она переходит в жидкоплавкое состояние. Это свойство золы значительно затрудняет использование соломы для газификации в газогенераторных автомобилях. Ценность использования отходов сельского хозяйства в качестве газогенераторного топлива заключается в том, что наиболее значительные ресурсы их находятся в областях, лишенных других местных топлив (степные, безлесные области Украины, Поволжья, Сибири), пригодных для газификации в автомобилях. Успешное разрешение вопроса использования соломы как топлива для автомобилей и тракторов позволило бы уменьшить перевозки нефтяных топлив в районы, удаленные от железных дорог, и сократило бы их потребление в сельском хозяйстве.

Над решением этой проблемы работал ряд научно-исследовательских организаций, в том числе: НАТИ, Ленинградский индустриальный институт, Азово-Черноморский институт механизации сельского хозяйства и др.

Делались попытки приготовления из соломы брикетов различными способами. Однако все эти опыты практических результатов не дали. Основной трудностью изготовления брикетов из соломы явилась сложность технологии их производства.

Испытания брикетов на газогенераторных автомобилях (ГАЗ-НАТИ-Г-14) и тракторах (ЧТЗ-СГ-65) также не дали положительных результатов. Брикеты давали слишком значительное образование шлака (0,5—1,8 кг/час работы), засорявшего газогенератор, что требовало очистки зольника через каждые 4—6 час. работы для трактора и 3—5 час. — для автомобиля.

Кроме того, брикеты давали большое количество пыли и мелочи, быстро засорявших систему очистки газа. Исследования деталей двигателя трактора ЧТЗ-СГ-65 показали более значительный износ деталей (в среднем на 18—25%), чем при работе на древесной чурке, засорение картерного масла и наличие коррозии, вызываемой, по видимому, содержанием в газе весьма значительных количеств сероводорода. Это подтверждается анализом золы брикетов и шлака, при котором было обнаружено наличие в них серы — в золе 3,02—3,79% и в шлаке — 0,69—0,41% (в пересчете на серный ангидрид). Анализ ржавчины с пластин очистителя также показал присутствие в ней сернистого железа.

Не улучшили работу газогенератора ввод воды и пара, добавка флюсов для изменения температуры плавления золы и изменение температур в топливнике для поддержания золы в жидкоплавком состоянии.

Работы Ленинградского индустриального института, Азово-Черноморского института механизации сельского хозяйства и

НАТИ по определению возможности использования соломы в газогенераторных автомобилях позволили сделать следующие выводы.

1. По своим топливным качествам (теплотворности, составу органической массы) солома и другие виды отходов близки к древесине.

2. Огромное количество отходов в сельском хозяйстве делает желательным использование их для автотранспорта, особенно в безлесных районах.

3. Специфические свойства соломы (легковесность, форма, повышенная зольность и низкая температура плавления золы) определили:

а) необходимость ее брикетирования;

б) непригодность стандартных газогенераторных установок для газификации брикетов из соломы.

4. Для успешной газификации соломы необходимо улучшение качества брикетов за счет повышения их механической прочности, жаро- и водоустойчивости, снижения зольности и изменения температуры плавления золы. Качество брикетов можно улучшить отбором соответствующих сортов соломы (малозольных, с меньшим содержанием серы и т. д.) и применением связующих. В качестве связующих можно использовать отходы предприятий, перерабатывающих продукты сельского хозяйства. Необходимо также изучить возможности брикетирования обугленной соломы и других отходов, что позволит значительно изменить характеристику топлива и упростить его газификацию (например, применением прямого процесса газификации).

Выход угля из соломы, равный 27—29% при низкой ее стоимости, обеспечит достаточную рентабельность этого вида топлива по сравнению с бензином.

Для успешного применения соломы в случаях, когда содержание золы и температура ее плавления отличаются от соответствующих значений для обычных древесных чурок или древесного угля, необходимо создание газогенератора с измененными параметрами (напряженность горения, размеры активной зоны, система шлакоудаления и очистки газа и т. д.).

Таким образом, солома и другие отходы сельского хозяйства пока еще не являются освоенным топливом для газогенераторных автомобилей, но в перспективе возможно их применение для этой цели.

## Глава 10

### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО ТОПЛИВА И УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ИХ НА АВТОТРАНСПОРТЕ

Твердые топлива, которые могут быть использованы в газогенераторных автомобилях, весьма разнообразны по своим физическим и химическим свойствам. Наиболее важными показате-

лями топлива, определяющими возможность и целесообразность его газификации, являются механическая прочность, зольность, состав органической массы и теплотворность.

Теплотворность топлива может быть определена на горючую массу или на рабочее топливо. Теплотворность горючей массы определяет количество тепла, выделяемого горючими компонентами топлива. Но кроме них топливо содержит балласт — минеральные примеси (золу) и воду, снижающие теплотворность топлива при его сжигании. Тепловой эффект, получаемый от сжигания или газификации 1 кг топлива, определяется составом горючей массы и количеством содержащегося в топливе балласта, т. е. составом рабочего топлива. Тепло парообразования в автомобильных газогенераторах не используется; в известных пределах оно даже является вредным, так как требует дополнительной затраты тепла на испарение влаги из топлива и на конденсацию пара для удаления влаги из газа. Поэтому часто встречающаяся оценка качества газогенераторного топлива для автомобилей по высшей теплотворности на горючую массу ( $Q_b^2$ ) не дает реальной, практически ценной его характеристики, искажая представление о качествах газогенераторного топлива.

Для оценки газогенераторных топлив должна применяться низшая теплотворность рабочего топлива ( $Q_n^p$ ). Разница этих двух величин для различных видов топлива видна из табл. 94.

Таблица 94

Топливо	$Q_b^2$ , кал/кг	Содержание балласта, %		$Q_n^p$ , кал/кг	$\frac{Q_n^p}{Q_b^2}$
		A <sup>p</sup>	W <sup>p</sup>		
Чурка древесная березовая . . . . .	4800	0,8	20,0	3410	0,717
Чурка древесная сосновая . . . . .	4884	1,1	20,0	3400	0,697
Уголь древесный березовый кучной	7700	1,22	7,0	6860	0,892
Уголь древесный березовый печной	6330	0,9	7,0	5658	0,888
Торф верховой высокой степени разложения . . . . .	5700	4,0	30,0	3390	0,594
Торф низинный средней степени раз- ложения . . . . .	5030	10,9	30,0	2700	0,536
Уголь бурый александровский . . . . .	6630	24,0	55,0	1830	0,276
Уголь бурый звенигородский . . . . .	5570	15,0	55,0	2060	0,314
Уголь бурый сулюктинский . . . . .	7030	9,0	20,0	4850	0,690
Уголь бурый карагандинский . . . . .	7220	11,5	27,0	4178	0,578
Уголь бурый артемовский . . . . .	6925	19,0	26,0	3820	0,551
Антрацит донецкий АМ . . . . .	8170	12,5	5,0	6710	0,822
То же АСШ . . . . .	8100	15,0	5,5	6340	0,783
Полукокс журиинский рядовой . . . . .	8034	7,56	8,0	6632	0,825
То же обогащенный . . . . .	8034	3,92	8,0	6922	0,861
Торфобрикеты . . . . .	5360	5,0	15,0	4200	0,783
Торфококс . . . . .	8205	6,0	8,0	6902	0,843
Солома брикетированная . . . . .	5030	5,0	12,0	3848	0,765

Чем меньше содержит топливо балласта, тем лучше его топливные качества. Такое топливо больше подходит для газифи-

кации, чем топливо с низкими значениями  $\frac{Q_n^p}{Q_b^2}$ , так как эффективность использования загруженной в бункер порции топлива будет выше (конечно, при соответствии и по другим показателям).

Соотношение  $\frac{Q_n^p}{Q_b^2}$  (коэффициент рабочей теплотворности топлива) обратно пропорционально проценту содержания в топливе

балласта — золы и влаги:  $\eta_p^m = \frac{Q_n^p}{Q_b^2} = 100$ .

Этот коэффициент весьма важен для характеристики автомобильных газогенераторных топлив, так как он дает суммарную оценку качества топлива по теплотворности и содержанию балласта.

Уменьшение содержания балласта в топливе повышает его качество. Однако такое уменьшение не может быть беспредельным. Для создания оптимальных условий хода процесса газификации топливо должно иметь определенное минимальное содержание влаги. Уменьшение количества влаги ниже установленного предела отрицательно сказывается на ходе процесса газификации и качестве генераторного газа. Поэтому практически важно определить оптимальные значения  $\eta_p^m$ , могущие служить обобщенным критерием для различных видов твердого топлива.

На основании практики газификации и теоретических обобщений в этой области известно, что оптимальное содержание влаги и минимально возможное содержание золы для различных топлив колеблется в пределах, указанных в табл. 95. Эти величины определяют оптимальный уровень  $\eta_p^m$  для различных видов топлива.

Сравнивая полученные значения  $\eta_p^m$  с характеристикой топлив с точки зрения возможности их газификации, легко установить полное соответствие между ними.

Таким образом, произведенные расчеты дают возможность произвести разбивку перечисленных выше топлив по их теплотворным качествам на четыре группы (табл. 96).

Однако оценка топлив по их теплотворности не может быть ограничена приведенными выше расчетами.

Необходимо установить также расход топлива в килограммах и калориях на 1 км пробега.

Таблица 95

Виды газогенераторного топлива	Содержание, %		Оптимальное значение $\eta_p^m$
	A <sup>p</sup>	W <sup>p</sup>	
Чурки древесные березовые . . . . .	0,7	18	73,0
Уголь древесный березовый печной . . . . .	0,9	10	88,0
Торф верховой . . . . .	4	30	59,4
Торфобрикеты . . . . .	5	15	78,3
Торфококк . . . . .	6	8	84,3
Бурый уголь . . . . .	5	18	72,5
Антрацит . . . . .	3	6	89,2
Полукокк . . . . .	4	8	86,1
Брикеты древесного угля . . . . .	2	6	90,0
Брикеты из отходов сельского хозяйства . . . . .	5	12	76,5

Таблица 96

Группа топлива	Значение $\eta_p^m$	Качество топлива
I	Выше 85	Высокое
II	От 80 до 85	Хорошее
III	От 65 до 80	Удовлетворительное
IV	Ниже 65	Пониженное

Этот подсчет, произведенный применительно к различным видам топлива для автомобилей типа ГАЗ и ЗИС, приведен в табл. 97. В этой же таблице даны эквиваленты твердых топлив по отношению к бензину — стандартному автомобильному топливу, могущему служить эталоном при оценке других автомобильных топлив\*.

Полученные эквиваленты к бензину в сравнении с данными табл. 94 показывают, что топлива, отнесенные к первым двум группам, имеют наиболее низкие эквиваленты (1,42—1,77), т. е. по теплотворности они ближе к бензину; расход этих топлив для выполнения работы, равной работе на 1 кг бензина (по расходу тепла), всего в 1,42—1,77 раза больше, чем бензина.

Однако для оценки качеств топлив при их использовании в газогенераторных автомобилях весьма важно знать количество тепла, выделяемого единицей объема топлива (например, 1 л или 1 м<sup>3</sup>), так как количество топлива, которое может быть переработано в газогенераторе, определяется емкостью бункера, а

\* Во избежание неясностей укажем, что дальнейшие расчеты построены на средних значениях измерителей, кроме случаев, особо оговоренных. Так как все эти расчеты носят сравнительный характер, такая методика является наиболее правильной.

Таблица 97

Вид топлива	Насыпной вес 1 м <sup>3</sup> , кг	Q <sub>n</sub> <sup>p</sup> кал/кг	Автомобиль ГАЗ			Автомобиль ЗИС			Эквивалент к бензину
			Расход топлива на 1 км, кг	Расход калорий		Расход топлива на 1 км, кг	Расход калорий		
				на 1 км	% к бензину		на 1 км	% к бензину	
Древесный уголь, смесь 2-го сорта . . . . .	755	10400	0,155	1610	100	0,255	2550	100	1,0
Древесные чурки, смесь пород . . . . .	280	3400	0,60	2040	127	1,00	3400	133	3,06
Древесный уголь смесь пород . . . . .	160	5950	0,35	2080	130	0,57	3390	133	1,75
Брикеты древесного угля . . . . .	500	5870	0,35	2060	129	0,57	3340	132	1,77
Торф верховой средний . . . . .	370	3210	0,70	2460	153	1,20	3850	151	3,24
Торфобрикеты . . . . .	550	4200	0,65	2730	169	1,00	4200	165	2,18
Торфококк . . . . .	390	6600	0,40	2640	164	0,60	3960	155	1,58
Бурый уголь . . . . .	800	4740	0,60	2840	176	0,88	5280	207	2,20
Антрацит . . . . .	850	6650	0,40	2660	165	0,85	5650	222	1,57
Брикеты каменного угля . . . . .	1000	7360	0,50	3680	228	0,90	6620	260	1,42
Полукокк журицкого угля . . . . .	420	6632	0,32	2110	131	0,55	3620	142	1,58
Солома брикетированная . . . . .	520	3848	0,50	1920	120	0,80	3080	122	2,70

в один и тот же генератор может быть загружено различное количество того или другого топлива. Это наглядно показывает расчет, приведенный в табл. 98.

Расчет, приведенный в табл. 98, является условным, так как для газификации перечисленных в ней топлив требуются различные по конструкции газогенераторные установки, но для сравнительной оценки топлив по количеству тепла, выделяемого единицей объема, он допустим.

Табл. 98 показывает, что наибольшее количество калорий при равном по объему количестве топлива дают: каменноугольные брикеты, антрацит, бурый уголь, брикеты из древесного угля, а наименьшее: древесная чурка, древесный уголь и торф — легкие топлива со сравнительно невысокой теплотворностью единицы их объема. Таким образом, при расчетах на единицу объема учитывается объемный вес топлива, или, иначе говоря, определяется его теплотворность, т. е. количество калорий, приходящихся на 1 л топлива:

$$\frac{Q_k^q}{1000} = Q_{л.}$$

Таблица 98

Вид топлива	Насыпной вес, кг/м <sup>3</sup>	Количество и теплотворность топлива, которое может быть загружено в бункер ГАЗ -42 объемом 125 л		
		Количество, кг	Общая теплотворность всей загрузки, тыс. кал	Эквивалент по отношению к древесной чурке
Чурка древесная	280	35	112	1,00
Уголь древесный	160	20	139	1,24
Брикеты древесноугольные	500	62	364	3,25
Торф верховой	370	46	163	1,46
Торфобрикеты	550	69	290	2,59
Кокс торфа	390	49	324	2,89
Бурый уголь	800	100	474	4,24
Антрацит	850	106	705	6,30
Полукокс каменного угля	420	52	343	2,90
Брикеты каменноугольные	1000	125	920	8,21
Солома брикетированная	500	52	310	2,77

где:  $Q_k$  — теплотворность 1 кг топлива в кал,  
 $q$  — объемный (насыпной) вес 1 м<sup>3</sup> топлива,  
 $Q_l$  — теплотворность 1 л топлива в кал.

Отношение  $\frac{Q_l}{Q_k}$  даст величину удельной теплоплотности топлива, которая может быть выражена через коэффициент теплоплотности  $i$ :

$$i = \frac{Q_l}{Q_k} \cdot 100.$$

Этот коэффициент показывает отношение количества калорий, содержащихся в 1 л топлива, к количеству калорий в 1 кг его, т. е. дает оценку теплотворности топлива с учетом такого важного показателя, как насыпной вес.

Сравнительная оценка топлив по этому коэффициенту характеризуется данными, приведенными в табл. 99.

Характеристика топлив по указанным выше показателям, не являясь исчерпывающей, все же дает сравнительную их оценку по важнейшему показателю — теплотворности, с учетом зольности, влажности и объемного веса.

Однако решающими показателями качества топлива, используемого для газогенераторных автомобилей, являются:

- 1) качество генераторного газа, определяемое его химическим составом, т. е. наличием горючих и негорючих компонентов;
- 2) количество газа, получаемое из единицы объема топлива;
- 3) теплотворность газа.

Таблица 99

Вид топлива	Объемный вес, кг/м <sup>3</sup>	Теплотворная способность, $Q_H$ кал/л	Эквивалент к бензину (по объему)	Номер по величине эквивалента	Коэффициент теплоплотности топлива
Бензин автомобильный	755	7850	1,0	1	—
Чурка древесная (смесь пород)	280	950	8,27	11	19,8
Древесный уголь (средний)	160	950	8,27	10	14,9
Брикеты древесноугольные (средние)	500	2930	2,7	4	38,4
Торф верховой	370	1190	6,6	9	21,0
Торфобрикеты	550	2310	3,4	7	43,1
Кокс торфа	390	2570	3,05	6	31,3
Бурый уголь	800	3790	2,1	3	54,3
Антрацит	850	5650	1,4	2	69,8
Полукокс каменного угля (журицкий)	420	2780	2,84	5	34,8
Солома брикетированная	500	2000	3,94	8	39,7

В табл. 100 приведены некоторые данные о составе газа из различных топлив и его теплотворности.

Для сравнительной оценки топлив необходимо остановиться также на их физико-химических свойствах, весьма важных для обеспечения устойчивости процесса газификации. К этим свойствам относятся: 1) реакционная способность, 2) содержание летучих, 3) характер коксового остатка, 4) механическая прочность, 5) легкость газификации и 6) транспортабельность.

В предыдущих главах были даны характеристики физико-химических свойств каждого топлива. Поэтому сейчас можно ограничиться сводной сравнительной оценкой топлив по этим показателям.

Нами предложено два сводных показателя для такой оценки: 1) техническая транспортабельность топлива и 2) легкость его применения в газогенераторных автомобилях.

Техническая транспортабельность топлива характеризуется: а) объемным весом и б) сохранностью при перевозках, т. е. количеством потерь топлива.

Объемный вес определяет коэффициент использования грузоподъемности транспортных средств:

$$\frac{G}{q} \cdot 100 = \gamma_m,$$

где:  $G$  — количество груза при полной загрузке по объему кузова автомобиля, вагона, платформы и т. д.,

$q$  — грузоподъемность автомобиля, вагона и т. д. в т,  
 $\gamma_m$  — коэффициент использования грузоподъемности.

Состав генераторного газа из различных видов топлива и его теплотворность

Виды топлива	Тип газогенераторной установки	Состав генераторного газа по объему, %						Сумма горючих	H <sub>M</sub> C <sub>n</sub>	N <sub>2</sub> +O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	Q <sub>n</sub> газа, кал/м <sup>3</sup>	Q <sub>рабочей смеси</sub> , кал/м <sup>3</sup>	Выход газа из топлива, м <sup>3</sup> /кг
		H <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> +O <sub>2</sub>	H <sub>M</sub> C <sub>n</sub>										
Древесная чурка (W = 20%)	НАТИ	14,4—20,0	18,0—19,2	9,0—12,6	3,6—2,1	55—45,9	0,0—0,2	36,0—41,5	—	—	—	—	—	1226	580	2—3	
Древесный уголь	НАТИ Г-21	7,0	30,3	3,2	2,0	57,5	—	39,3	—	—	—	—	—	1270	620	4—5	
Торф	Инсторф	14,9	21,2	8,9	2,3	32,15	0,36	38,76	—	—	—	—	—	1255	—	3—4	
Торфбрикет	НАТИ ЗИС-18	14,65	20,0	11,9	1,88	52,01	0,10	36,63	—	—	—	—	—	1146	—	—	
Торфокок	НАТИ Г-25	3,6	32,5	0,9	1,4	61,6	—	37,5	—	—	—	—	—	1199	—	—	
Бурый уголь	ГЭМС ГАЗ-42 карагандинского совхоза НКВД	17,5	23,6	6,1	2,2	50,6	—	43,3	—	—	—	—	—	—	627	2—3	
Антрацит	НАТИ Г-21	2,7	28,1	3,1	1,2	64,9	—	32,0	—	—	—	—	—	1024	—	3—5	
Полукок журицкий	НАТИ Г-76	10,75—16,95	24,85—27,61	5,21—7,7	1,1—1,79	58,0—45,95	—	36,7—46,35	—	—	—	—	—	1275—1342	616—622	3,5—4,5	
Солома брикетированная	НАТИ Г-14 (ГАЗ)	10,1	19,6	7,6	2,9	59,8	—	32,6	—	—	—	—	—	1104	—	—	

Потери топлива вносят коррективы в его характеристику по этому показателю. Количество топлива, пригодного к употреблению согласно его технико-эксплуатационному назначению, будет меньше на величину потерь за время перевозки, т. е. на величину  $\Gamma \cdot n$  или на единицу грузоподъемности  $\frac{\Gamma \cdot n}{q}$ , где  $n$  — нормальная убыль (потеря) топлива при перевозке.

Таким образом, техническая транспортабельность топлива может быть охарактеризована следующим выражением:

$$\frac{\Gamma}{q} - \frac{(\Gamma \cdot n)}{q} = T_p \text{ или } T_p = \frac{\Gamma (1-n)}{q}$$

Отсюда можно получить коэффициент технической транспортабельности топлив, который представляет собой скорректированный на потери коэффициент использования грузоподъемности транспортных средств при перевозке данного вида топлива:

$$\gamma = \frac{\Gamma (1-n)}{q} \cdot 100$$

Этот коэффициент будет различен для отдельных видов транспорта. В табл. 101 приводятся его значения при перевозке топлив

Таблица 101

Виды топлива	Перевозка на ЗИС-21			Перевозка в 20-тонных железнодорожных вагонах		
	максимальная нагрузка по бариту, т	норма потерь	технический коэффициент транспортабельности	максимальная нагрузка по бариту, т	норма потерь	технический коэффициент транспортабельности
Древесные чурки	2,12	0,02	80,5	14,0	0,02	68,8
Древесный уголь	1,62	0,07	60,3	7,2	0,07	33,4
Древесноугольные брикеты	2,50	0,015	99,5	20,0	0,015	99,8
Торф кусковой	1,62	0,10	54,3	15,0	0,20	60,0
Торфбрикет	2,50	0,02	98,0	20,0	0,03	97,0
Бурый уголь	2,50	0,20	80,0	20,0	0,30	70,0
Полукок	2,50	0,15	85,0	18,0	0,20	72,0
Антрацит	2,50	0,05	95,0	20,0	0,05	95,0

на автомобиле ЗИС-21 и в 20-тонных двухосных железнодорожных вагонах. При установлении норм потерь топлива учитываются также образующиеся при перевозке мелочь и крошка, которые не могут быть использованы как газогенераторное топливо.

Легкость газификации топлив в автомобильных газогенераторах зависит от ряда причин (физико-химических



свойств топлива, конструкции газогенератора и т. д.). Результирующего показателя здесь нет и получить его весьма трудно, вследствие многочисленности факторов, определяющих этот измеритель. Однако для облегчения классификации топлив и унификации их оценки по этому показателю можно и целесообразно ввести такой измеритель в виде шкалы легкости применения топлив для газификации в автомобильных газогенераторах. Проект классификации газогенераторных топлив по легкости их применения в транспортных газогенераторах приведен в табл. 102.

Т а б л и ц а 102

Класс легкости применения топлива для газификации	Характеристика
I	Применение топлива трудности не вызывает. Может использоваться без подготовительных операций.
II	Требуется предварительная обработка топлива (сушка, разделка).
III	Требуется предварительный отбор, обработка или обогащение топлива и дополнительные работы при эксплуатации газогенератора (чистка зольника, шуровка топлива и т. д.).
IV	Применение топлива возможно только после сложной обработки (брикетирование, термическая обработка и т. п.) или специального отбора сортов. При эксплуатации наблюдаются трудности обеспечения нормальной работы газогенератора и автомобиля.
V	Применение топлива в газогенераторных автомобилях по физико-химическим свойствам и эксплуатационным показателям невозможно.

Такая оценка дает возможность внести большую определенность и четкость при характеристике автомобильных газогенераторных топлив.

Согласно этой классификации газогенераторные топлива можно распределить по классам следующим образом (табл. 103).

Т а б л и ц а 103

Класс легкости применения топлива для газификации	Вид топлив
I	Древесный уголь (при соответствии его размеров техническим требованиям), древесноугольные брикеты.
II	Древесная чурка, древесный уголь.
III	Торф, торфобрикеты, бурый уголь, полукокс каменного угля, торфокс.
IV	Бурый уголь и торф при повышенной зольности, каменный уголь (марок Т и Г), антрацит, каменноугольный кокс.
V	Каменный уголь (прочих марок), солома брикетированная (времененно до освоения).

Пользуясь приведенными выше данными, можно уточнить произведенное в табл. 96 распределение топлив на четыре группы пока только по физико-химическим их свойствам (см. табл. 104), с последующим уточнением по экономическим и другим показателям.

Принятая в табл. 104 техническая характеристика топлив соответствует установленным выше техническим условиям на газогенераторное автомобильное топливо, так как отступление от этих условий исключает данное топливо из соответствующей классификационной группы.

Обобщая опыт испытаний и эксплуатации газогенераторных автомобилей на различных топливах, можно дать сравнительную характеристику показателей их работы в зависимости от вида топлива (табл. 105).

Применение газогенераторных топлив усложняет конструкцию автомобиля, требуя установки на нем довольно сложного специального оборудования. Это вызывает:

- а) увеличение мертвого веса автомобиля;
- б) увеличение расхода металла;
- в) повышение стоимости автомобиля (увеличение капиталовложений);
- г) усложнение технической эксплуатации автомобиля и увеличение затраты сил и средств на его обслуживание и ремонт;
- д) снижение производительности автомобиля и повышение себестоимости перевозок.

Усложнение эксплуатации газогенераторных автомобилей определяется:

- а) усложнением технического ухода и большей затратой времени на запуск холодного двигателя. Газогенераторный автомобиль требует периодической чистки зольника, бункера и очистителей газа, а также наблюдения за их исправностью и работоспособностью;
- б) значительными затратами труда и времени на ремонт агрегатов газогенераторной установки в связи с частым выходом их из строя вследствие высоких температур и влияния на металлические поверхности некоторых химических компонентов (уксусной кислоты, соединений серы и т. д.).

Специфические особенности применения каждого вида топлива отражаются на долговечности работы автомобиля, определяя срок службы газогенераторной установки и косвенно других агрегатов автомобиля. Влияние топлива на межремонтный пробег автомобиля можно установить в такой последовательности: наибольший износ дают каменный уголь, антрацит, полукокс, торфяной кокс; затем следуют: чурки, буроугольные брикеты, древесный уголь, жидкие топлива и баллонные газы.

На основании изложенного выше можно сделать следующие выводы:

- 1) эксплуатация газогенераторных автомобилей должна соответствовать техническим нормам и правилам;

Виды топлива и группа	Коэффициент рабочей тем- пературы	Коэффициент удельной теплоты	Средняя золь- ность АР, %	Характер кок- сового остатка	Температур- ная характе- ристика золь-	Среднее со- держание серы, %	Реакционная способность	Механическая прочность	Сумма горю- чих в газе, %	Класс легко- сти газифика- ции	Технический ко- эффициент транс- портности (ЗИС-21)
Группа I Древесноугольные бри- кеты . . . . .	90,9	38,4	4	Порошкообраз- ный	Туго- плавкая	0,2	Высокая	Хорошая	—	1	98,8
Группа II Древесная чурка . . . . . Уголь древесный . . . . .	73,0 88,0	19,8 14,9	0,9 2	" "	" "	0,02 0,3	" Очень высокая	" Очень слабая	33 39	2 2	80,5 60,3
Группа III Полукокс каменного угля . . . . .	86,1	34,8	6	Порошкообраз- ный или спек- шийся	Средне- плавкая	1,0	Высокая	Хорошая	42	3	85
Торфококс . . . . .	84,8	31,3	8	Порошкообраз- ный	"	0,2	"	Удовле- творительная	37	3	85
Группа IV Торфбрикеты . . . . . Бурый уголь . . . . .	78,3 72,5	43,1 54,3	8 8	" Порошкообраз- ный или слабо слипшийся	" "	0,4 0,6	" Средняя	Хорошая Слабая	36 —	3 3	98 80
Торф . . . . .	50,4	21,0	6	Порошкообраз- ный	"	0,3	Высокая	Удовлетво- рительная	36	3	54,3
Антрацит . . . . . Солома брикетированная	89,2 76,5	69,8 39,7	7 5	" Порошкообраз- ный или спек- шийся	" Низко- плавкая	1,0 0,3	Ниже сред. Высокая	Хорошая "	32 32	4 5	85 98

Показатели работы газогенераторных автомобилей на различных видах топлива

Виды топлива	Время запуск холодного двигателя, мин.	Периодичность чистки, км пробега		Расход основ- ного топлива, кг на 100 км	Пробег на одной заправке бункера, км		Скорость автомобиля, км/час		Типы газогенераторов, для которых предназна- чено данное топливо
		зольника	всего генератора		ГАЗ	ЗИС	средняя с грузом по шоссе	максималь- ная с гру- зом по шоссе	
Древесная чурка . . . . .	7—8	800—1000	4000—5000	60	100	60—70	20—25	50—56	ГАЗ-42, ЗИС-21
Древесный уголь . . . . .	1—4	250—300	—	35	—	60—70	—	51—55	НАТИ Г-21-А
То же . . . . .	2—3	250—300	5000—6000	34—36	56—58	70—75	36—38	50—56	ГАЗ-УГ-1, ЗИС-УГ-2 ЦНИИАТ
Торф . . . . .	—	150—200	4000—5000	72	120	40	20—25	54	ГАЗ-Г-594, ЗИС-Г-694
Торфбрикеты . . . . .	7—8	—	—	65	100	20—25	—	50	ЗИС-21
Бурый уголь . . . . .	—	100—150	2000—3000	—	—	70—110	20—25	50—55	Карагандинского ГЭМС
Полукокс журицкого угля зольностью 7% . . . . .	3—4	110—120	—	45—50	—	110—120	22—24	48	ЦНИИАТ ГАЗ-УГ-1
То же зольностью 4% . . . . .	3—10	150—180	1000—1200	31—34	—	100—120	32—37	57	ЦНИИАТ ГАЗ-АГ-1
Антрацит . . . . .	—	—	—	48	91,2	—	23—28	46—52	НАТИ Г-21-А
Древесноугольные бри- кеты . . . . .	—	—	—	35	—	—	—	50,4	НАТИ Г-21-А

2) топливо для них должно быть качественным (не ниже установленных кондиций);

3) газогенераторная установка и агрегаты очистки газа должны обеспечивать поступление в двигатель автомобиля газа, свободного от химических и механических примесей (сернистых соединений, пыли, кислоты и т. д.).

При этих условиях долговечность работы двигателя на генераторном газе может быть не ниже, чем на бензине, а межремонтный пробег газогенераторного автомобиля очень близок к пробегу бензинового автомобиля.

Затрата труда на обслуживание и ремонт газогенераторного автомобиля будет тем меньше, чем лучше качество применяемого топлива (меньшее пылеобразование, меньшее содержание кислот, сернистых соединений и т. д.), совершеннее установка и точнее выполнение правил эксплуатации.

Таким образом, перевод значительного количества автомобилей на газогенераторное топливо предъявляет особые требования к организации топливного хозяйства, автостроению и эксплуатации газогенераторных автомобилей.

Задача наиболее эффективного использования газогенераторного парка требует рационального решения всего комплекса вопросов, связанных с его эксплуатацией.

Основными вопросами, разрешение которых в условиях планового социалистического хозяйства определит должную эффективность перевода части автопарка на газогенераторное топливо, являются следующие.

А. В области организации топливного хозяйства. Многообразие качеств твердых топлив и жесткие требования, предъявляемые к ним газогенераторными автомобилями, требуют специальной сортировки и приготовления таких топлив. Качества твердых топлив, предназначенных для газификации в автомобильных газогенераторах, должны быть не ниже установленных техническими требованиями. Попытки газифицировать топлива худших качеств приводят к ускоренному выходу газогенератора из строя или, в лучшем случае, к значительному снижению эксплуатационных качеств автомобиля.

Первым основным условием обеспечения нормальной работы газогенераторных автомобилей является установление стандартов на топливо.

Многообразие топлив, которые могут быть использованы в транспортных газогенераторах, требует предварительной проверки соответствия их качеств установленным требованиям, а для новых, ранее не газифицировавшихся топлив — обязательной опытной проверки их свойств. Поэтому целесообразно установить такой порядок, при котором всякое новое и нестандартное топливо должно быть проверено опытным путем и на использование его в качестве газогенераторного топлива должно быть выдано

специальное разрешение от соответствующих органов. Это мероприятие укрепит дисциплину в топливном хозяйстве и будет содействовать повышению эффективности работы газогенераторного автомобильного парка.

Требования технически грамотной эксплуатации газогенераторного автомобильного парка делают контроль за качеством топлива одним из важнейших условий успеха. Для возможности контроля топлив необходимы разработка и широкое внедрение простейших лабораторий по испытанию газогенераторных топлив. В таких лабораториях должны производиться самые простые и необходимые анализы, определяющие важнейшие качественные параметры топлив (зольность, влажность, содержание летучих и т. д.). Лабораториями должны быть обеспечены все крупные газогенераторные автохозяйства и пункты производства газогенераторного топлива.

Развитие газогенераторного автопарка требует отказа от кустарных методов заготовки топлива и перехода к современным методам его производства и организации снабжения потребителей.

Необходимо обеспечить:

1) централизованную заготовку топлив в потребных количествах для газогенераторных автомобилей при соблюдении установленных технических условий на них;

2) подготовку топлив к выдаче на автомобили и распределение их между автохозяйствами (сортировка, приготовление смесей, расфасовка, подвозка к раздаточным базам и пунктам, выдача);

3) технический контроль за эксплуатацией газогенераторного автопарка, контроль за качеством применяемых топлив и за соответствием конструкции газогенераторов топливу. Применение новых видов топлив в автомобилях и новых конструкций газогенераторных установок должно разрешаться лишь после проведения соответствующих государственных испытаний.

Б. В области газогенераторостроения. Газогенераторный автомобиль должен по своим техническим и эксплуатационным показателям приближаться к автомобилю, работающему на нефтяном бензине. Некоторые недостатки, свойственные газогенераторам современных конструкций, компенсируются тем, что они работают на местных топливах, ресурсы которых в большинстве случаев практически неограниченны. Надежность работы и эффективность эксплуатации газогенераторных автомобилей в значительной степени определяются правильным выбором конструкции газогенераторов.

Как было показано выше, каждое из твердых топлив предъявляет свои специфические требования к конструкции газогенератора. Полное удовлетворение этих требований обеспечило бы наиболее эффективные результаты газификации данного вида топлива в транспортных газогенераторах. Однако для этого потребовалось бы создание специальных конструкций газогенератор-

ных установок для каждого топлива в отдельности, что усложнило бы эксплуатацию газогенераторного автопарка и сократило бы область его применения (так как использование каждого типа газогенератора было бы связано с определенными географическими пунктами размещения того или иного вида топлива).

Опыт газификации различных видов твердых топлив показал, что их можно разделить на две большие группы, определяющие выбор конструкции газогенераторов. Это деление можно провести по следующим двум основным показателям:

- 1) содержанию летучих;
- 2) зольности и температуре плавления золы.

Остальные качества топлив определяют отдельные, более мелкие детали конструкций (применение пара, система очистки газа и т. д.). Топлива, близкие по своим качествам, могут быть объединены в одну общую группу. Такое объединение произведено в табл. 106 и 107, где, исходя из характеристики рассмотренных выше видов твердых топлив, намечен тип газогенераторной установки, применение которой для данного вида топлива наиболее технически и экономически оправдано.

Таблица 106

Класс газогенерат.	Характеристика топлива	Наименование топлива	Тип газогенератора
IA	Большой выход летучих, малая зольность (до 4%), высокая реактивность	Древесная чурка, малозольный торф	Обращенного процесса с суженной камерой газификации (горловиной)
IB	Большой выход летучих, повышенная зольность (до 10%), высокая реактивность	Торф с зольностью до 10%, бурый уголь, буругольные брикеты, торфобрикеты, брикеты из отходов сельского хозяйства	Обращенного процесса без горловины, с колосниковой решеткой и приспособлением для удаления золы и шлака
IIA	Малый выход летучих, малая зольность (4—5%), хорошая реактивность	Древесный уголь, древесноугольные брикеты, торфяной кокс, полукокс каменных углей	Прямого или горизонтального процесса, с воздушным дутьем
IIB	Малый выход летучих, зольность до 8—10%, пониженная реактивность	Антрацит, полукокс и кокс каменного угля, брикеты каменного угля	Прямого или горизонтального процесса, с добавкой пара или воды

Все топлива, имеющие практическую ценность для газогенераторных автомобилей, могут быть газифицированы в установках, работающих по одной из четырех схем. Установки IA и IB обращенного процесса газификации отличаются друг от друга изменениями в конструкции камеры газификации и зольника. Конструкция установки IB должна обеспечивать своевременное и нормальное золо- и шлакоудаление при газификации топлив мно-

гольных и с низкой температурой плавления золы. Установки IIA и IIB прямого или горизонтального процесса газификации отличаются друг от друга применением паро-воздушного дутья.

Унификация конструкции газогенераторов упрощает вопросы их эксплуатации и массового изготовления, что в свою очередь дает возможность снизить их стоимость. Кроме того, возможность газификации различных топлив в газогенераторе одного типа расширяет область его использования в различных районах СССР.

Отечественное газогенераторостроение еще не освоило производства установок всех перечисленных типов, хотя опыты и изыскания в этом направлении проводились различными организациями весьма продолжительное время.

Необходимо отметить, что значительная часть усилий наших конструкторских и исследовательских учреждений, работавших в этой области за последние 10 лет, была направлена на испытание топлив явно ухудшенных качеств (например, торфа с зольностью 18—25%, бурого угля с такой же зольностью и т. д.). В то же время надежных установок для газификации топлив нормальных качеств, отвечающих техническим требованиям, до сих пор не создано. Одной из причин этого является рассредоточение исследовательской работы, отсутствие координации и руководства работами отдельных научных учреждений, а также не всегда правильная направленность и целеустремленность проводимых работ.

Над вопросами газификации твердых топлив и созданием соответствующих конструкций транспортных газогенераторов работали более 10 научных учреждений (НАТИ, НАМИ, ЦНИИАТ, Лесотехническая академия им. С. М. Кирова, Ростовский машиностроительный институт, Ленинградский индустриальный институт, институт торфа Белорусской Академии наук). Часто работа велась над созданием однотипных установок, причем результаты ее не давали практического разрешения вопроса.

В условиях планового и весьма широкого внедрения газогенераторных автомобилей в народное хозяйство разработка рациональных конструкций газогенераторных установок для различных топлив является коренным и решающим вопросом. Успешное решение этого вопроса возможно при объединении усилий конструкторских и исследовательских учреждений и координации их работы в области производства и эксплуатации газогенераторов.

## Глава II

### КРАТКИЙ ОЧЕРК РАЗВИТИЯ ГАЗОБАЛЛОННОГО АВТОТРАНСПОРТА

Горючие газы начали применяться как топливо для автомобилей в конце первой мировой войны. Стимулом для их применения послужил острый дефицит нефтяных топлив в странах Европы.

Класс и тип газогенератора	IA		IB
	Обращенного процесса, с суженной горловиной (камерой газификации)		Обращенного ловины, с колокой и приспособления золь и
Основные параметры топлива	Большой выход летучих, малая зольность (до 4 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> ), высокая реактивность		Большой выход зольная зольность реактивность
Общая характеристика топлив	Древесная чурка		Торф с повышенной зольностью
Вид . . . . .	Древесная чурка	Торф мало-зольный	Торф с повышенной зольностью
Марка или сорт . . . . .	Твердых лиственных пород	Верхового типа	Верхового типа
Размер кусков, мм . . . . .	50 × 50 × 60	50 × 50 × 60	50 × 50 × 60
Содержание влаги W <sup>p</sup> максимальное, % . . . . .	20	33	33
Содержание зольности A <sup>p</sup> максимальное, % . . . . .	1	3	8
Содержание серы S <sup>об</sup> максимальное, % . . . . .	—	0,1	0,1
Содержание летучих V <sup>r</sup> , % (от — до) . . . . .	75—80	60—70	60—70
Температура плавления золь, °C (не ниже) . . . . .	1300	1200	1200
Насыпной вес, кг/м <sup>3</sup> . . . . .	280—320	360—380	360—830
Содержание мелочи, % . . . . .	2	6	10
Группа . . . . .	II	III	IV

технические требования на топливо

		IIA			IIB		
процесса без гор-сниковой решетки-соблением для уда-шлага		Прямого или горизонтального процесса, с воздушным дутьем			Прямого или горизонтального процесса, с добавкой пара или воды		
летучих, повышен- (до 10 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> ), высокая		Малый выход летучих, малая зольность (4—5 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> ), хорошая реактивность			Малый выход летучих, зольность 8—10 <sup>0</sup> / <sub>0</sub> , пониженная реактивность		
Бурый уголь	Торфо-брикетты	Древесный уголь	Древесноугольные брикетты	Кокс торфа	Антрацит	Полу-коксы	Брикетты каменного угля
—	Из верхового торфа	Класс А—Б	—	Из верхового торфа	АМ, АС	—	—
25—50	50 × 30 × 20	5—25	φ 20, h-15	10—25	5—16	10—30	60 × 60 × 40
15—30	15	20	12	5—8	5	8	10
10	8	4	5	6	8	8	8
1,0	0,7	—	0,1	0,5	1,0	0,6	1,0
25—40	13—16	25	8—15	8—10	4—8	8—12	8
1250	1200	—	1300	1200	1250	1250	1250
750	650—750	180—220	500—600	350—400	800—850	400—450	900—1000
4—6	8	2	5	5	2	6	5
IV	IV	II	I	III	IV	III	IV

Начало развития современных газобаллонных автомобилей относится к 1934—1936 гг., когда выпуск специальных облегченных металлических баллонов позволил иметь на автомобиле достаточный запас топлива при сравнительно небольшом весе баллонов и всей установки. У современных баллонов из низко- или среднелегированной стали, рассчитанных на рабочее давление газа в 200 атм, на каждый литр их емкости приходится 1—1,2 кг собственного веса баллона. Применение таких баллонов обеспечивает достаточный запас хода автомобиля при сравнительно незначительном уменьшении его грузоподъемности.

В 1944 г. более 250 тыс. автомобилей работало во всем мире на сжатых и сжиженных газах. Окончание войны определило резкое сокращение численности автомобильного парка в капиталистических странах.

В нашей стране созданы все условия для широкого развития газобаллонного автотранспорта в соответствии с указаниями партии и правительства, и парк газобаллонных автомобилей непрерывно возрастает.

Начало развития отечественного газобаллонного автотранспорта относится к 1936—1937 гг.

В 1937 г. в Приазовье (в г. Мелитополе) была построена первая газонаполнительная станция, снабжавшая автомобили сжатым природным газом.

В 1937—1939 гг. в Донбассе было построено несколько газонаполнительных станций, работавших на коксовом газе, а в Москве — на светильном газе. В Москве, Горьком, Баку, Грозном, Ростове-на-Дону начали применять на автотранспорте сжиженные газы.

Советская промышленность освоила выпуск оборудования для газонаполнительных станций и аппаратуры для автомобилей.

В 1939 г. правительство наметило программу широкого внедрения газобаллонных автомобилей в народное хозяйство. Осуществление ее было прервано войной. Однако и во время войны продолжались исследовательские работы и эксплуатация некоторого количества автомобилей на сжиженных газах.

Огромные ресурсы различных газов, которыми располагает наша страна, и их удачное географическое размещение, значительный рост выработки сжатых и сжиженных газов, намеченный пятилетним планом, и высокие качества газов как моторного топлива создают исключительно благоприятные условия для интенсивного развития отечественного газобаллонного автотранспорта. По пятилетнему плану газовая промышленность будет вырабатывать в 1950 г. 11,2 млрд. м<sup>3</sup> газа.

Ниже дается краткая характеристика свойств и особенностей применения на автотранспорте различных видов сжатых и сжиженных газов, часто объединяемых одним понятием «баллонные газы». Источники, способы получения и ресурсы баллонных газов характеризуются данными, приведенными в табл. 108.

Вид газа	Источник получения	Способ получения	Подготовка к использованию на автотранспорте	Ресурсы
Сжатые газы				
Природный . . .	Непосредственно из недр земли	Газовые скважины	Очистка, сушка и сжатие на компрессорных станциях до 350 атм	50—100 м <sup>3</sup> на каждую тонну добываемой нефти
Нефтяной . . .	То же, сопутствует нефти	Герметизация нефтяных скважин, отвод газа		
Канализационный . . . . .	Аэрационные станции городской канализации	Сбор газа из отстойников сточных вод в газгольдеры	Очистка, сушка и сжатие на компрессорных станциях до 350 атм	0,03 м <sup>3</sup> в сутки на душу населения (в городах с канализацией)
Коксовый . . .	Батареи для коксования каменного угля	Побочный продукт коксования угля		
Сжиженные газы				
Нефтяной . . .	Газолиновые заводы	Побочный продукт газолиновых заводов	Стабилизационные установки и очистка от серы; транспортировка в цистернах; раздача из простых газораздаточных колонк под давлением 10—20 атм	До 50% к основной продукции газолиновых заводов — легкому бензину
Газ крекинга . . .	Заводы крекинга	Побочный продукт заводов крекинга		
Газ пиролиза . . .	Заводы пиролиза нефтепродуктов	Побочный продукт заводов пиролиза		
Газ гидрогенизации . . .	Заводы искусственного бензина	Побочный продукт заводов по выработке бензина из угля		До 20% к основной продукции — искусственному бензину

К сжатым газам относятся газы, которые сохраняют газообразное состояние при любых давлениях в условиях нормальных температур (15—20° С). Они применяются на автотранспорте в баллонах под давлением 200 атм.

Сжиженные газы при нормальном атмосферном давлении и температуре (15—20° С) находятся в газообразном состоянии, но при сравнительно небольшом повышении давления—до 8—16 атм—переходят в легко испаряющуюся жидкость. Это свойство делает сжиженные газы наиболее выгодной и удобной разновидностью баллонных газов для автотранспорта.

## Глава 12

## СЖИЖЕННЫЕ ГАЗЫ, КАК ТОПЛИВО ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ

К сжиженным газам относятся предельные углеводороды парафинового ряда ( $C_nH_{2n+2}$ ): пропан ( $C_3H_8$ ), бутан и изобутан ( $C_4H_{10}$ ) и непредельные углеводороды олефинового ряда ( $C_nH_{2n}$ ): пропилен ( $C_3H_6$ ), бутилен и изобутилен ( $C_4H_8$ ). Характерной особенностью этих углеводородов, находящихся при нормальном атмосферном давлении и температуре в газообразном состоянии, является способность сжиматься при сравнительно небольшом увеличении давления. Значения упругости паров перечисленных выше газов в пределах обычных температур воздуха приведены в табл. 109.

Таблица 109

Температура, °С	Пропан	Пропилен	Бутан	Изо-бутан	Бутилен
	давление паров, атм				
-30	1,8	2,0	0,28	0,44	0,27
-20	2,7	3,0	0,45	0,69	0,41
-10	3,7	4,1	0,68	1,02	0,64
0	4,8	5,8	0,96	1,6	0,92
+10	6,4	7,6	1,5	2,3	1,4
+20	8,5	10,3	2,1	3,2	2,0
+30	11,0	13,3	2,9	4,2	2,7
+40	14,3	17,0	3,9	5,5	3,6

Бутан и бутилен уже при 0° и атмосферном давлении представляют собой почти неиспаряющуюся жидкость.

Как автомобильное топливо сжиженные газы обычно применяются в виде смеси двух или нескольких углеводородов. Даже однокомпонентные, так называемые «рыночные сорта» этих газов обычно содержат некоторый процент смежных углеводородов.

Поэтому на практике приходится иметь дело с промышленными смесями из нескольких газов. Свойства таких смесей определяются свойствами каждого из входящих в их состав газов. В табл. 110 приведена характеристика отдельных газов при температуре 15° С и давлении 760 мм ртутного столба.

Показатель	Размерность	Пропан	Пропилен	Бутан	Изобутан	Бутилен	Изобутилен
Химическая формула	—	$C_3H_8$	$C_3H_6$	$C_4H_{10}$	$C_4H_{10}$	$C_4H_8$	$C_4H_8$
Молекулярный вес	—	44,062	42,046	58,077	58,077	56,062	56,062
Температура кипения	°С	-44,5	-47,0	+0,5	-10,2	+1,4	6,9
Относительный удельный вес газа (воздуха—1)	—	1,523	1,479	2,007	2,077	1,977	1,977
Удельный вес жидкости	кг/л	0,509	0,522	0,582	0,566	0,599	—
Удельный вес газа	кг/м <sup>3</sup>	1,867	1,78	2,46	2,46	2,372	2,372
Объем паров с 1 кг жидкости	м <sup>3</sup>	0,535	0,562	0,406	0,406	0,422	0,442
Объем паров с 1 л жидкости	м <sup>3</sup>	0,272	0,294	0,236	0,228	0,261	0,253
Теплотворность низшая	ккал/м <sup>3</sup>	21022	19387	27400	27493	25565	—
То же	ккал/кг	10972	10895	10845	10845	10778	—
Теоретическое количество воздуха, необходимое для сгорания 1 м <sup>3</sup> газа	м <sup>3</sup>	23,91	21,43	30,95	30,95	28,57	—
Теплотворность рабочей смеси	ккал/м <sup>3</sup>	847	865	855	860	865	—
Октановое число	—	125	115	99	99	105	—

При употреблении смесей этих газов в качестве автомобильного топлива следует учитывать, что в промышленных газах обычно содержатся в сравнительно незначительных количествах этан и этилен. Имея высокую упругость паров, эти газы требуют более высоких давлений для сжижения, особенно при высоких температурах наружного воздуха. В зимнее время их присадка к смеси обеспечивает повышение давления в баллоне, что часто бывает необходимо, особенно, если смесь содержит значительное количество бутана, изобутана и бутилена.

Бутан и бутилен в отличие от этана и этилена очень легко сжижаются и широко применяются в качестве автомобильного топлива. Однако бутан при 0° С представляет собой трудно испаряющуюся жидкость, поэтому использование его в холодное время года требует присадки газов, имеющих более высокую упругость паров.

Еще чаще применяются в качестве топлива пропан и пропилен. Они обеспечивают хорошую работу двигателя и требуют весьма умеренных давлений для снижения—при -30° С около 2 атм (при +30° С—12—14 атм).

Состав и свойства промышленных сжиженных газов, применяемых на автотранспорте, определяются технологическим процессом предприятий, их вырабатывающих.

Основными источниками получения сжиженных газов в СССР являются:

а) нефтеперерабатывающая промышленность, где сжиженные газы получают при производстве бензина со стабилизационных и газофракционирующих установок крекинг-заводов, а также при выработке газолена из «жирных» (богатых высшими углеводоро-

дами) газов. Получение сжиженных газов из промышленных нефтегазов возможно компрессионным, абсорбционным и другими способами. Ресурсы промышленных газов исчисляются сотнями тысяч тонн в год;

б) промышленность, производящая искусственный бензин из углей методом гидрогенизации и путем синтеза газов (СО и Н<sub>2</sub>). Выход сжиженных газов составляет около 15% суммарного выхода готовой продукции.

Сжиженные газы за короткое время получили широкое распространение во многих отраслях народного хозяйства. Эти газы применяются:

- а) для промышленных нужд при обработке металла (резка, сварка, термическая обработка);
- б) как топливо для двигателей внутреннего сгорания;
- в) для бытовых нужд;
- г) для холодильных установок;
- д) для обогащения искусственных (промышленных) газов, имеющих низкую теплотворность;
- е) в химической промышленности — в качестве растворителей;
- ж) для химической переработки (например, при получении бензинов путем полимеризации газов и т. д.).

Таким образом, потребность в сжиженных газах огромна, и автотранспорт является лишь одним из потребителей их.

Характеристика сжиженных газов, обычно применяемых в качестве топлива на автотранспорте, в сравнении со стандартным автомобильным бензином приведена в табл. 111.

Как видно из приведенных в табл. 111 данных, по топливным качествам сжиженные газы не только не уступают бензину, но и стоят выше его.

### Применение сжиженных газов на автомобилях и особенности их эксплуатации

Физико-химические свойства сжиженных газов определяют некоторые специфические особенности их использования в качестве топлива для автомобилей.

Теплотворность сжиженных газов на 2—7% выше, чем стандартного автобензина (см. табл. 111); удельный же вес их на 20—30% меньше, чем бензина; поэтому, если 1 кг бензина почти эквивалентен 1 кг сжиженного газа по объему, то теплотворность 1 л бензина на 18—25% больше теплотворности 1 л газа.

Теплотворность топлива является предварительной, общей его характеристикой, поскольку в цилиндры двигателя подается рабочая смесь, состоящая из смеси газа и воздуха. Качество этой смеси является решающим показателем для оценки автомобильного топлива, так как она определяет мощность, развиваемую двигателем. Приведенные в табл. 111 данные показывают, что в этом отношении сжиженные газы не уступают бензину.

Таблица 111

Показатели	Размерность	Пропан	Бутан	Пропилен		Бутилен	Сжиженный газ газолитового завода (рефлюкс)	Сжиженный газ крекинга	Сжиженный газ пиролиза	Автомобильный бензин
				Пропа	Лен					
Состав газа (по объему)	%	100	100	100	100	100	Пропан 52 Бутан 48	(см. примечание)	(см. примечание)	—
Удельный вес: жидкости	кг/л	0,51	0,58	0,52	0,6	0,6	0,542	0,5—0,55	0,55—0,6	0,75
пара	—	1,52	2,0	1,48	1,98	1,98	—	—	—	—
(за единицу взят удельный вес воздуха)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Нижняя теплотворн. (жидкости)	кал/л	5560	6320	5700	6450	6450	5930	5400—5500	6000—6300	7625
Теплотворность нормальной рабочей смеси	кал/кг	11 050	10 900	10 890	10 750	10 750	10 980	10600 11000	11000—11500	10 500
Теплотворность нормальной рабочей смеси	кал/м <sup>3</sup>	847	855	865	865	865	850	840	850	845
Октановое число	—	125	91	115	105	105	105	100	100	60
Упругость паров: при 0°С	кг/см <sup>2</sup>	4,8	0,96	5,8	0,92	0,92	2,0	6	1,3	1
при 40°С	"	14,3	1,39	17,0	3,6	3,6	7,5	17,0	4,25	1
Пределы воспламеняемости (по объему) в рабочей смеси:	%	9,5	8,4	9,7	9,0	9,0	—	—	—	—
высший	"	2,3	1,9	2,2	1,7	1,7	—	—	—	—
низший	кг	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Вес тары на каждые 10 000 кал. топлива	кг	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Примечания:

1. Состав сжиженного газа крекинга:
  - пропано-пропиленовые фракции . . . . . 90%
  - бутано-бутиленовые фракции . . . . . 5%
  - этановые фракции . . . . . 5%
2. Состав сжиженного газа пиролиза:
  - бутилен . . . . . 40%
  - изобутилен и дивинил . . . . . 30%
  - пропилен, пропан и др. . . . . 30%



Сжиженные газы характеризуются высокими антидетонационными качествами — их октановое число значительно выше, чем у бензина.

Важным преимуществом сжиженных газов по сравнению с другими заменителями бензина, в частности с газогенераторными топливами, является легкость перевода стандартных карбюраторных автомобилей на питание сжиженным газом. Двигатель автомобиля, шасси, система зажигания и бензопитания остаются без изменений. Добавляется установка для питания двигателя газом, состоящая из баллонов, аппаратуры, регулирующей подачу газа, и газопроводов. При этом сохраняется возможность работы на бензине.

Для сжиженного газа применяются баллоны специальной конструкции (рассчитанные на давление в 16 атм); обычные стандартные баллоны (например, кислородные, ацетиленовые и т. д.) для сжиженных газов непригодны вследствие большого их веса. Выбор типа баллонов имеет существенное значение для эксплуатационно-экономических показателей работы автомобиля, так как он определяет его грузоподъемность, а следовательно, и производительность. Наиболее важен этот фактор для легковых и грузовых автомобилей с малой грузоподъемностью, перегрузка которых обычно недопустима.

Поэтому при переводе отечественных автомобилей ГАЗ-АА и ЗИС-5 на сжиженный газ грузоподъемность автомобиля ГАЗ-АА уменьшилась всего на 100 кг (1,4 т вместо 1,5 т), а у автомобиля ЗИС-5 осталась без изменения (3 т); вес установки для сжиженных газов соответственно составлял 100 и 165 кг. Характеристика различных типов баллонов для сжиженных газов приведена в табл. 112.

Таблица 112

Тип баллона	Полный объем баллона, л	Полезный объем баллона (90% от полного), л	Вес баллона, кг	Вес баллона с арматурой, кг	Вес баллона на 1 л полезной емкости, кг
Промышленный тип А и В	50	45	83	84	1,87
Специальный, цельносварный	72	65	46	52	0,80
Тонкостенный, цельнотянутый	79	71	41	42	0,60
Цельносварный, с приварными днищами и одной горловиной	79	71	37,5	38,5	0,55

Баллоны на грузовом автомобиле обычно располагаются под кузовом. Такое расположение не изменяет габаритов кузова и автомобиля.

Аппаратура для понижения давления газа может применяться одноступенчатая или двухступенчатая. В первом случае давление газа в баллонах снижается при помощи одного редуктора (перед которым ставится испаритель) сразу до разрежения в 10—25 мм водяного столба, а во втором случае снижение давления производится дважды: сначала в редукторе-испарителе до 0,1—0,5 атм, а затем в редукторе низкого давления до разрежения в 10—25 мм водяного столба. Смесительное устройство обычно комбинируется с карбюратором, устанавливаемым на данном типе автомобиля.

Работа карбюраторного двигателя на газе по существу не отличается от работы его на бензине, так как в обоих случаях в двигатель поступает газо-воздушная смесь примерно одинакового качества. Автомобиль сохраняет свои динамические качества, так как мощность двигателя при замене бензина сжиженным газом не меняется. Условия работы двигателя на сжиженном газе лучше, чем на бензине: газообразное топливо лучше смешивается с воздухом; отсутствует конденсация паров на стенках всасывающего трубопровода и стенках цилиндра двигателя. Благодаря этому делается излишним подогрев всасывающей трубы, облегчается запуск двигателя зимой и устраняется возможность разжижения масла в картере двигателя и смывание его со стенок цилиндров. Улучшение условий смазки двигателя благотворно сказывается на его работе, уменьшая износ цилиндров, поршней, колец и т. д.; срок работы двигателя до смены масла увеличивается. Нагарообразование при работе на сжиженных газах очень незначительное. Высокие антидетонационные качества сжиженных газов дают возможность повысить мощность двигателя на 15—25% за счет повышения степени сжатия. Отработанные сжиженные газы значительно менее вредны для организма человека, чем отработанные газы бензина, так как сгорание при работе на газообразном топливе происходит более полно. Сами сжиженные газы также безвредны для организма, и случайное вдыхание их не ведет к каким-либо серьезным последствиям.

Однако при работе на сжиженных газах необходимо соблюдение некоторых мер предосторожности во избежание пожара, так как пары сжиженных газов в 1,1—2 раза тяжелее воздуха и способны сгорать в самых различных соотношениях в смеси с воздухом. Возможны местные скопления таких паров (под капотом двигателя стоящего автомобиля, в закрытых помещениях и т. д.), опасные в пожарном отношении.

Заправка автомобилей сжиженным газом значительно проще, чем сжатым газом, для заполнения баллонов которым требуются компрессорные станции высокого давления. Особенность заполнения баллонов сжиженным газом (в отличие от заполнения их какой-либо жидкостью) заключается в том, что как только сжиженный газ попадает в баллон, он начинает испаряться, заполняя все пространство баллона парами, препятствующими дальнейшему наполнению его жидкостью. Поэтому заполнение баллонов сжи-

женным газом возможно или путем подачи его под избыточным давлением, превышающим упругость паров, или путем снижения давления в баллоне для образования необходимой разности давлений (перепада).

Способов заправки автомобилей сжиженным газом существует несколько. Их выбор обычно определяется наличием нужного оборудования, производительностью заправочной станции, климатическими условиями и другими причинами. Не останавливаясь на описании конструкций газораздаточных станций, отметим лишь, что они могут работать по различным схемам. Чаще всего применяются следующие схемы заправки автомобилей сжиженным газом:

- а) с использованием давления в заполняемом баллоне;
- б) с использованием давления сжатых газов;
- в) с использованием гидростатического напора.

В последнее время получили распространение заправочные колонки с применением центробежного насоса и инжектора.

При проектировании газораздаточных станций в конкретных условиях необходима сравнительная технико-экономическая оценка указанных схем с целью выбора оптимальной схемы.

В заключение остановимся кратко на транспорте сжиженных газов. Транспорт сжиженных газов на значительные расстояния от мест выработки имеет большое значение для расширения области их применения. Раньше сжиженные газы перевозились преимущественно в баллонах. В настоящее время они уступили место цистернам, трубопроводам, наливным судам и др. транспортным средствам.

Это объясняется тем, что баллоны являются наименее совершенной и явно неэкономичной тарой, применение же цистерн и трубопроводов приводит к снижению стоимости перевозок больших количеств газа.

## Глава 13

### СЖАТЫЕ ГАЗЫ, КАК ТОПЛИВО ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ

В эту группу входят газы, имеющие низкую критическую температуру. Для их сжижения необходимо глубокое охлаждение и высокое давление сжатия. Эти газы при использовании их в качестве автомобильного топлива сжимают в баллонах до 200 атм. По своей природе сжатые газы подразделяются на две основные группы: нефтяные и промышленные (искусственные), получаемые в процессе различных химических производств.

По способу получения промышленные газы подразделяются на:

- 1) коксовый газ,
- 2) светильный (городской) газ,
- 3) канализационный (метанистый) газ,
- 4) генераторный газ,
- 5) синтез-газ.

Однако с точки зрения оценки качества газов как автомобильного топлива более целесообразна разбивка их на три основные категории:

- 1) высококалорийные газы,
- 2) среднекалорийные газы,
- 3) низкокалорийные газы.

В большинстве случаев газы представляют собой смеси из нескольких горючих и негорючих компонентов.

Высококалорийные газы. К этой группе относятся газы с теплотворностью от 6000 кал/м<sup>3</sup> и выше. Наиболее распространенными из них являются природные газы, выделяющиеся через буровые скважины из подземных газовых месторождений, и газы, выделяющиеся из нефтескважин при добыче нефти (так называемые промысловые нефтегазы). Промыслы Баку дают около 400 м<sup>3</sup> газа на 1 т нефти; промыслы «Второго Баку» (Ишимбай, Бугуруслан и др.) — 30—100 м<sup>3</sup> газа на 1 т нефти.

Характеристика природных газов СССР приведена в табл. 113

Таблица 113

Наименование месторождений	Состав газа по объему, %									
	Метан СН <sub>4</sub>	Этан С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub>	Пропан С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub>	Бутан С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>	Пентан С <sub>5</sub> Н <sub>12</sub> и выше	Углекислота СО <sub>2</sub>	Сероводород Н <sub>2</sub> С	Азот и кислород N <sub>2</sub> +O <sub>2</sub>	Плотность газа по отношению к воздуху	Теплотворность газа, кал/м <sup>3</sup>
Саратовское	93,19	0,74	0,72	0,60	0,58	—	Следы	4,17	0,600	8400
	92,20	0,80	1,00	—	—	—		6,00	0,589	8200
Районы Западной Украины	97,83	0,50	0,16	0,13	0,05	0,08	—	1,70	0,568	8500
	95,72	—	—	—	—	0,05	—	4,56	0,575	8200
Бугурусланское	76,81	4,40	1,60	0,79	0,60	0,20	1,0	14,51	0,680	7900
Ухтинское	87,94	1,90	0,20	0,30	—	0,30	—	9,36	0,608	7500
Южно-Дагестанское	86,50	3,00	0,90	0,10	—	7,30	—	2,20	0,653	8100
Мелитопольское	98,00	—	—	—	—	0,20	—	1,80	0,630	8400

Нефтегазы подразделяются на богатые (или жирные) и бедные (или сухие).

Проектные данные по составу сухих и жирных газов, подлежащих отбензиниванию на некоторых газолиновых заводах, приведены в табл. 114 и 115.

Составы жирных газов изучены менее детально, чем сухих газов, так как они не получили еще широкого применения и состав их менее постоянен. Содержание бензина (пентана и более тяжелых углеводородов) в разных жирных газах колеблется в больших пределах — от нескольких десятков до нескольких сот граммов в кубометре исходного газа. Поэтому жирные газы подлежат обязательному и полному отбензиниванию. Эта операция

необходима с технической точки зрения и целесообразна по экономическим соображениям.

Сухие газы\*

Таблица 114

Наименование компонентов газа	Месторождение А				Месторождение Б			
	до отбензинивания		после отбензинивания		до отбензинивания		после отбензинивания	
	по объ-ему, %	по весу, %	по объ-ему, %	по весу, %	по объ-ему, %	по весу, %	по объ-ему, %	по весу, %
Метан	77,80	64,0	79,87	63,20	94,35	88,0	93,70	92,10
Этан	4,88	7,5	4,90	8,08	0,85	1,5	0,77	1,40
Пропан	1,81	4,2	0,92	2,00	0,70	1,8	0,85	0,94
Бутан	0,05	1,9	0,09	0,30	0,55	1,9	0,07	0,26
Пентан	0,46	1,7	—	—	0,40	1,7	—	—
Сероводород	0,06	0,15	—	—	—	—	—	—
Азот и кислород	14,60	20,05	14,00	25,86	—	—	—	—
Углекислота	0,34	0,5	0,22	0,56	3,15	5,1	4,61	5,30
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100
Теплотворность газа, кал/м <sup>3</sup>	7700		7400		8200		8100	

\* Сухие газы, содержащие незначительное количество бензина, также целесообразно отбензинивать.

Жирные газы

Таблица 115

Наименование компонентов газа	Нефтепромысел А				Нефтепромысел Б			
	до отбензинивания		после отбензинивания		до отбензинивания		после отбензинивания	
	по объ-ему, %	по весу, %	по объ-ему, %	по весу, %	по объ-ему, %	по весу, %	по объ-ему, %	по весу, %
Метан	71,7	53,80	73,00	64,10	61,0	34,6	68,0	53,6
Этан	7,0	9,25	7,20	10,88	10,0	10,7	18,0	15,1
Пропан	4,0	7,75	3,00	6,60	15,2	23,7	10,9	26,8
Бутан	3,0	7,65	0,57	1,75	9,3	19,4	3,1	4,5
Пентан	1,5	4,75	—	—	4,5	11,6	—	—
Сероводород	2,0	2,95	—	—	—	—	—	—
Азот	10,0	12,20	15,43	14,91	—	—	—	—
Углекислота	0,8	1,65	0,80	1,76	—	—	—	—
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100

Примечание. Теплотворность газа нефтепромысла А в кал/м<sup>3</sup>.

$$Q_v = 9460$$

$$Q_n = 8100$$

Из приведенных данных о составе природных газов видно, что они почти не загрязнены вредными примесями и балластными компонентами. Газы содержат также ничтожное количество пропано-бутановых и жидких углеводородов. Однако очистка, отбензинивание и осушка газа являются совершенно необходимыми мероприятиями, особенно, если он подлежит транспорту по магистральному газопроводу.

Кроме непосредственного сбора нефтегазов на скважинах, они получают на нефтеперегонных заводах. Эти газы отличаются меньшим содержанием  $CH_4$  и  $C_2H_6$  и повышенным содержанием тяжелых углеводородов. Характеристика газов нефтеперерабатывающей промышленности приведена в табл. 116.

Таблица 116

Состав газов нефтеперерабатывающей промышленности (в % по объему)

Наименование компонентов	Жидко-фазный крекинг	Парафазный крекинг	Пиролиз	Газолинное производство
Водород	6,0	8,0	16,0	—
Метан	30,5	32,0	45,0	62,3
Этилен	4,5	12,0	17,0	—
Этан	18,0	14,0	7,0	13,3
Пропилен	7,5	15,0	8,0	—
Пропан	15,0	6,0	1,0	13,5
Бутилен	6,0	6,0	2,3	—
Бутан	6,0	2,0	0,2	9,5
Высшие углеводороды	6,0	5,0	3,0	—
Окись углерода	0,5	—	0,5	1,4
Всего	100,0	100,0	100,0	100,0

Газы, получаемые из стабилизационных колонн и газосепараторов при деструктивной переработке нефти, содержат значительное количество ненасыщенных углеводородов ( $C_2H_4$ ,  $C_3H_6$  и т. д.) и водорода, освобождающегося в результате расщепления высокомолекулярных углеводородов.

При сжатии до высоких давлений бутано-пропановые фракции и высшие углеводороды, составляющие наиболее калорийную часть газа, выделяются в виде жидкости. Это понижает теплотворность остаточного газа.

В современных условиях газы, получаемые при крекинге нефти, фракционируются до поступления их к потребителю. При этом получают следующие продукты:

- 1) непредельные высшие углеводороды, используемые как сырье для химической промышленности;
- 2) метан, водород, этан-этилен, применяемые как газообразное топливо для промышленных целей и автотранспорта (сжатые газы);

3) бутано-пропановые фракции, сжижаемые при сравнительно низких давлениях, используемые как топливо для автомобилей. Кроме природных газов, к группе высококалорийных газов относятся так называемые «канализационные» газы, богатые метаном. Эти газы получаются в результате брожения сточных канализационных вод, собираемых в специальные (бетонные) резервуары. Поскольку содержащиеся в канализационных газах соединения серы вызывают коррозию металла деталей топливной системы и двигателя автомобиля, они предварительно очищаются от серы. Характеристика канализационных газов, очищенных от серы, приведена в табл. 117.

Таблица 117

	Химический состав, в % по объему					Низшая теплотворность, кал/м <sup>3</sup>	Количество газа, эквивалентное по теплотворности 1 кг бензина, м <sup>3</sup>
	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>		
1	66,8	6,9	1,9	24,3	0,1	6300	1,67
2	68,0	0,02	0,8	31,0	0,18	5800	1,81
3	73,5	—	1,0	25,3	0,2	6200	1,69

Содержащаяся в газе углекислота является балластом, снижающим его теплотворность. Поэтому необходима очистка и обогащение газа для повышения его топливных качеств. По имеющимся данным, такая очистка вполне возможна и оправдана. Промывка газа под давлением снижает содержание углекислоты до 5% и ниже. Очищенный от серы и обогащенный газ содержит около 90% метана и имеет теплотворность около 8000 кал/м<sup>3</sup>.

Среднекалорийные газы. В эту группу входят газы с теплотворностью от 3600 до 6000 кал/м<sup>3</sup>.

Главными представителями этой группы являются коксовый и светильный (городской) газы. Основными компонентами их являются водород, метан и окись углерода. Состав этих газов может меняться в довольно широких пределах, в зависимости от методов их производства и качества исходного сырья. Характеристики коксового и светильного газов приведены в табл. 118.

Таблица 118

Род газа	Состав газа по объему, %							Низшая теплотворность, кал/м <sup>3</sup>	Количество газа, эквивалентное по теплотворности 1 кг бензина, м <sup>3</sup>
	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	CO	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>		
Коксовый . . .	50	25	7	2	6	10	—	4000	2,63
Светильный . . .	27,8	16	20	8,6	5	22	0,6	4300	2,44
Обогащенный коксовый . . .	9	52	11	3,4	—	24,6	—	5300	1,98

Светильный (городской) газ обычно является продуктом сухой перегонки каменного угля при температурах 1000—1200° С. Состав светильного газа может меняться в зависимости от применяемого угля и технологического процесса получения газа.

Теплотворность коксового и светильного газа может быть значительно повышена путем их метанирования — синтеза метана из окиси углерода и водорода при пропускании газа через каталитические электропечи. Значение метанизации среднекалорийных газов можно оценить по данным табл. 119.

Таблица 119

	Состав газа по объему, %							Низшая теплотворность, кал/м <sup>3</sup>	Содержание примесей			
	CO <sub>2</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>		H <sub>2</sub> S, г/100 м <sup>3</sup>	S, г/100 м <sup>3</sup>	HCN, г/100 м <sup>3</sup>	NO, см <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>
Коксовый газ: до метанирования . . .	2,4	2,2	0,4	5,3	52,0	24,8	12,9	4030	1	15	20	0,7
после метанирования . . .	0	0	0	0	29,0	53,4	17,6	5310	0	0	0	0

Применение метанирования особенно важно при использовании газов автомобилями, так как повышение теплотворности газов увеличивает пропускную способность газонаполнительной станции (при том же оборудовании), уменьшает вес и количество баллонов на автомобиле и улучшает очистку газов.

К группе среднекалорийных газов следует отнести также газ, получаемый в газогенераторах высокого давления (20—25 атм). Составы и теплотворность газов высокого давления приведены в табл. 120. Преимуществом этого способа получения газа является возможность использования в качестве сырья местных низкосортных топлив (многозольных бурых углей и др.).

Таблица 120

Топливо	Состав очищенного газа по объему, %							Низшая теплотворность газа, кал/м <sup>3</sup>	Выход газа, м <sup>3</sup> /кг
	CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>		
Подмосковный бурый уголь, (W—24%) . . .	2,87	23,1	15,31	2,69	53,4	0,28	2,35	3780	0,61
Богословский бурый уголь (W—25,1%) . . .	3,0	23,8	14,6	1,1	54,3	—	3,2	3560	0,93

Низкокалорийные газы. К этой группе относятся доменный газ и генераторные газы, используемые в различных отря-

слях промышленности, а также газ, получаемый в газогенераторных установках автомобилей.

Теплотворность низкокалорийных газов лежит в пределах 900—3000 кал/м<sup>3</sup>. Основные горючие компоненты газов — окись углерода (CO) и водород (H<sub>2</sub>).

Характеристика некоторых газов этой группы приведена в табл. 121.

Таблица 121

Наименование газа	Состав газа по объему, %					Низшая теплотворность, кал/м <sup>3</sup>	Количество газа, эквивалентное по теплотворности 1 кг бензина, м <sup>3</sup>
	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub> и C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>		
Доменный газ	3,0	—	27,0	10,0	60,0	900	11,7
Генераторные газы на воздушном и паро-воздушном дутье:							
а) из каменного угля	6,0	1,0	28,0	2,0	63,0	1100	9,6
б) из кокса	2,0	—	29,0	2,0	67,0	900	11,7
в) из бурого угля	10,0	2,0	25,0	6,0	57,0	1030	10,2
г) из дров	12,0	2,3	19,0	11,7	55,0	1200	8,8
д) из торфа	16,0	3,0	9,0	16,0	56,0	900	11,7
е) из древесного угля	10,0	2,5	28,5	2,0	57,0	1240	8,5
Водяной газ из антрацита	49,8	0,6	39,4	6,7	4,5	2520	4,2
Двойной водяной газ из торфа	45,4	6,3	32,0	13,6	2,7	2730	3,8

Для газобаллонного автотранспорта низкокалорийные газы не применяются, так как компримирование их нецелесообразно вследствие малой теплотворности и большого содержания балласта. При работе на этих газах понижаются теплотворность рабочей смеси, мощность, развиваемая двигателем, и радиус действия автомобиля. Так, например, для пробега автомобиля ЗИС-5 в 100 км требуется генераторного газа из древесины около 225 м<sup>3</sup>. В сжатом до 200 атм состоянии этот газ занял бы около 30 баллонов, весящих 2—2,5 т, т. е. почти вся полезная грузоподъемность автомобиля была бы использована на перевозку баллонов с низкокалорийным газом.

Практикой эксплуатации газобаллонных автомобилей установлен нижний предел теплотворности газа в 3500 кал/м<sup>3</sup>. Таким образом, низкокалорийные газы не отвечают требованиям на автомобильное топливо для газобаллонных автомобилей. Однако возможно обогащение этих газов углеводородами за счет карбюрации, метанирования и т. п., а также путем смешения их с газами I или II группы.

#### Применение сжатых газов на автомобилях и особенности их эксплуатации

Газы, применяемые как топливо для автомобильных двигателей, должны быть тщательно очищены от всяких примесей, смо-

листых веществ и влаги. Без такой очистки невозможна продолжительная работа газобаллонного автомобиля. Способов очистки газа как механических, так и химических существует много. Газ должен очищаться на заводе-изготовителе и поступать в баллоны уже совершенно чистым, пригодным для использования в газобаллонных автомобилях. Газ не должен содержать механических примесей и смол, загрязняющих вентили, редуктор, газопроводы. Содержание сернистых соединений должно быть не более 0,5%. При наличии в газе влаги она замерзает при резких падениях давления газа в редукторе; образующиеся ледяные пробки выводят из строя аппаратуру установки. Кроме того, полная осушка газа очень важна для предотвращения разрушения баллонов высокого давления гидратными соединениями циана, вызывающими микроскопические трещины в стенках сосудов. По этой причине в 1938—1939 гг. в Германии произошло несколько взрывов баллонов на автомобилях и ресиверов на газонаполнительных станциях.

Работа двигателя на сжатых газах не отличается в принципе от работы его на бензине. При работе на сжатых газах в двигателе поступает газозоудная смесь, сгорание которой в цилиндрах не имеет существенных отличий от сгорания бензо-воздушной смеси.

Главная, наиболее существенная разница между бензиновым и газобаллонным автомобилями заключается в их конструктивном оформлении.

При работе на газе меняется топливоподающая система автомобиля. Запас сжатого газа из баллонов проходит через редуктор, автоматически снижающий давление и поддерживающий его на определенном постоянном уровне, поступает в смеситель, где смешивается с воздухом и в виде смеси засасывается в цилиндры двигателя.

Сжатые газы имеют высокие октановые числа: коксовый газ — 100, светильный газ — 100—110, метан — 120, позволяющие повысить степень сжатия и экономичность работы двигателя без значительных изменений в его конструкции. Необходимость некоторых конструктивных изменений вызывается тем, что при переводе двигателя на сжатые газы вследствие более низкой теплотворности газозоудной смеси мощность двигателя обычно несколько уменьшается. Например, теплотворность газозоудной рабочей смеси (при коэффициенте избытка воздуха  $\alpha = 1$ ) составляет:

для бензина	845 кал/м <sup>3</sup> — 100%
для метана	770 кал/м <sup>3</sup> — 91%
для светильного газа	750 кал/м <sup>3</sup> — 88,7%
для генераторного газа из древесного угля	580 кал/м <sup>3</sup> — 68,7%
для генераторного газа из древесных чурок	530 кал/м <sup>3</sup> — 63,8%

Соответственно снижается и мощность двигателя. По имеющимся данным, перевод автомобиля с бензина на светильный газ без изменения степени сжатия дает падение мощности двигателя на 20% и уменьшение скорости движения автомобиля на 5%.

Для двигателей ЗИС-5 и ГАЗ-АА повышение степени сжатия до 5,5 дает повышение мощности и уменьшение расхода топлива на 8—12%.

При переводе автомобильных двигателей на сжатый газ весьма желательно устранение подогрева во всасывающем трубопроводе, который необходим при работе на бензине. При работе на газе этот подогрев вреден, так как нагревание газозвдушной смеси приводит к уменьшению коэффициента наполнения двигателя и снижению его мощности на 3—6%. Желательно также уменьшение гидравлических сопротивлений во всасывающей системе, что позволяет повысить мощность двигателя на 5—15%.

Установка для работы автомобиля на сжатых газах обычно состоит из нескольких баллонов с газом (сжатым до 200 атм), газопроводов, редуктора (одного или двух) и смесителя. Краткая характеристика установок для отечественных газобаллонных автомобилей приведена в табл. 122.

Таблица 122

Марка автомобиля	Число баллонов	Рабочее давление в баллонах, атм	Вес газобаллонной установки, кг	Полный запас газа в баллонах, м <sup>3</sup>
ГАЗ-44 . . . . .	6	200	420	60
ЗИС-30 . . . . .	8	200	550	80

Как видно из приведенных в табл. 122 данных, вес баллонов составляет значительную величину, снижающую грузоподъемность автомобиля (ГАЗ — до 1,1 т и ЗИС — до 2,5 т). Поэтому выбор типа и конструкции баллонов для установки их на автомобиле имеет гораздо большее значение, чем при работе на сжиженных газах (где рабочее давление не превышает 16 атм).

Баллоны для кислорода, водорода и других газов обычного стандартного образца непригодны для рассматриваемой цели. Они рассчитаны на давление в 150 атм, чрезмерно тяжелы и мало вместительны. Для автомобилей нужны легкие, прочные баллоны, рассчитанные на давление в 200 атм. Такие баллоны изготавливаются из высококачественной стали или специальных сплавов.

В табл. 123 приведена сравнительная характеристика баллонов различных типов.

### Газонаполнительные станции

Зарядка баллонов газом производится на газонаполнительных станциях (ГНС). Строительство газонаполнительных станций в

Баллоны	Рабочее давление, атм	Емкость по воде, л	Приведенный объем газа, м <sup>3</sup>	Вес, кг	Удельный вес баллона на 1 м <sup>3</sup> газа, кг
Стандартный промышленный типа А-50 из углеродистой стали . . . . .	150	50	7,5	83	11,1
Типа НАТИ из низколегированной стали . . . . .	200	52	10,4	65	6,25
Алюминиевый типа «Алюмаг», с сеткой из стальной проволоки . . . . .	200	15	3,0	9,5	3,2
Стальной углеродистый, с сеткой из стальной проволоки . . . . .	200	50	10,0	50	5,0

СССР было начато в 1937 г. Сжатым газом пользовались до войны в ряде городов СССР: Баку, Грозном, Москве, Сталино, Горловке, Мелитополе \*. С 1943—1944 гг. газ применяется в западных областях Украины, Куйбышеве, Магнитогорске и др. На основе соответствующих правительственных решений за эти годы был проведен ряд практических мероприятий по строительству газонаполнительных станций и снабжению их газом, а также по изготовлению газобаллонных автомобилей.

Автозаводы им. Сталина и им. Молотова в 1940 г. выпускали газобаллонные автомобили — полутонна- и трехтонные.

Однако масштабы применения газобаллонного автотранспорта в СССР были сравнительно невелики, и развитие строительства газонаполнительных станций совершенно не соответствовало нуждам страны.

За годы Великой Отечественной войны были созданы исключительно широкие возможности для развития газобаллонного автотранспорта как на базе коксовых газов в восточных районах Союза, так и на базе крупнейших природных газовых месторождений в центре СССР — Куйбышевской, Саратовской и других областях.

Число областей, где целесообразно применять газобаллонные автомобили, резко возросло с вводом в эксплуатацию газопровода Саратов — Москва и еще больше увеличится после ввода в эксплуатацию строящегося газопровода Дашава — Киев, а также других намеченных к строительству магистральных газопроводов, газопроизводящих предприятий и газонаполнительных станций.

Газонаполнительные станции для сжатых газов должны строиться по типовым проектам не только с целью быстрого осуществления строительства и снижения капиталовложений, но главным образом для обеспечения станций серийно изготавливаемым

\* Горловская и мелитопольская станции смонтированы полностью из отечественного оборудования и эксплуатируются с 1939 г.

оборудованием, запасными частями и облегчения их эксплуатации.

Мощность газонаполнительной станции с типовым оборудованием в зависимости от потребности в сжатом газе может быть укрупнена путем увеличения числа компрессоров и другого оборудования.

Основное оборудование принятой для расчета типовой станции состоит из двух четырехступенчатых компрессоров производительностью  $Q = 180 \text{ м}^3/\text{час}$  каждый. Производительность такой станции при двухсменной работе в 16 час. и коэффициенте использования мощности 0,8 составит  $3600 \text{ м}^3$  в сутки, или  $1\,680\,000 \text{ м}^3$  в год.

Такая станция может обслужить 100 автомобилей при работе на природном газе и 52 автомобиля при работе на городском газе (коксовом и др.), так как 1 кг бензина эквивалентен  $1,4 \text{ м}^3$  природного газа и  $2,7 \text{ м}^3$  коксового газа.

Время, необходимое для заправки одного автомобиля, с учетом времени на присоединение и отключение шланга определяется в 10 минут.

Себестоимость компрессии газа на такой станции, согласно расчету, составит примерно 20 коп.

Издержки по компрессии занимают, как правило, решающее место, составляя около 80% всей стоимости сжатого газа. Это следует учитывать при оценке сжатого газа как моторного горючего.

## Глава 14

### РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕСТНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА НА АВТОТРАНСПОРТЕ

Выше была дана технико-эксплуатационная характеристика заменителей основного автомобильного топлива — бензина. Она позволила сравнить и классифицировать топлива по их физико-химическим свойствам и особенностям применения на автотранспорте, а также определить условия, которым должны отвечать автомобильные топлива для того, чтобы были обеспечены наилучшие технико-эксплуатационные показатели работы автомобилей.

Переходим к экономике применения заменителей бензина на автотранспорте.

В общем комплексе вопросов, определяющих целесообразность применения отдельных видов топлива на автотранспорте, большую роль играет себестоимость эксплуатации автомобилей и, в частности, величина ее топливной слагаемой.

Себестоимость топлива — величина переменная, зависящая от трудоемкости добычи или производства данного вида топлива, принятого технологического процесса, размера необходимых капиталовложений, стоимости исходного сырья (например, дров

для производства чурки или угля) и т. д. Эти условия так различны и оценить их так трудно, что анализ влияния стоимости топлива на себестоимость эксплуатации автомобиля становится очень сложной задачей, требующей большого количества громоздких расчетов.

Однако стоимость топлив, используемых в качестве заменителей бензина на автотранспорте, еще не решает вопроса об общей себестоимости эксплуатации автомобилей на них. Применение того или другого заменителя вызывает ряд дополнительных требований к конструкции автомобиля и его оборудованию, что повышает стоимость автомобиля, а также определяет срок службы до очередного ремонта, трудоемкость работ по обслуживанию и ремонту, скорость движения, загрузку автомобиля и т. д.

Только с учетом всех этих факторов, определяющих в конечном счете величину себестоимости перевозок, может быть установлена рентабельность эксплуатации автомобилей на различных видах топлива.

При решении вопроса о рентабельности применения заменителей бензина на автотранспорте необходимо исходить из следующего указания товарища Сталина: «На рентабельность нельзя смотреть торгашески, с точки зрения данной минуты. Рентабельность надо брать с точки зрения общенародного хозяйства в разрезе нескольких лет. Только такая точка зрения может быть названа действительно ленинской, действительно марксистской».\*

Поэтому при решении вопроса о применении заменителей бензина на автотранспорте необходимо исходить из народнохозяйственной эффективности, а не узко понимаемой рентабельности. Народнохозяйственное значение применения заменителей бензина на автотранспорте определяется:

а) возможностью обеспечения бесперебойной работы автомобильного транспорта в любом районе СССР на местном топливе и сокращением потребности в транспорте для переброски нефтепродуктов на большие расстояния, что имеет особенно большое значение для районов, удаленных от пунктов добычи и переработки нефти;

б) необходимостью максимальной экономии бензина, являющегося важнейшим стратегическим продуктом;

в) необходимостью более широкого освоения местных топливных ресурсов, которые часто слабо используются в силу отсутствия квалифицированных потребителей.

Однако все эти, а также ряд других моментов не снимают проблемы обеспечения рентабельной работы газогенераторного и газобаллонного автопарка. Следует только эту рентабельность понимать правильно, в соответствии с определением товарища Сталина. Расчет сравнительной рентабельности применения раз-

\* И. В. Сталин. Вопросы ленинизма. Изд. 11-е, стр. 383.

личных заменителей бензина тем более необходим, что обычно в каждом районе имеется несколько видов местного топлива, которые могут быть с успехом использованы для нужд автотранспорта.

Приведенные ниже расчеты себестоимости и рентабельности эксплуатации автомобилей на различных видах топлива произведены применительно к существующим типам газогенераторных и газобаллонных автомобилей ГАЗ и ЗИС. Эти автомобили получили широкое распространение в период войны, и на основе опыта их эксплуатации на различных видах местного топлива накоплен известный материал, который позволил произвести сравнительный расчет себестоимости их работы в одинаковых условиях эксплуатации.

Результаты этих расчетов приведены в табл. 124 и 125. Данные этих таблиц показывают, что себестоимость эксплуатации газогенераторных и газобаллонных автомобилей (по причинам, которые будут указаны ниже) в настоящее время выше, чем бензиновых. Однако из этого ни в коем случае не следует делать вывода о нерентабельности применения заменителей бензина на автотранспорте. Такой вывод можно сделать, только исходя из условий сегодняшнего дня; между тем: «Рентабельность надо брать с точки зрения общенародного хозяйства в разрезе нескольких лет» (Сталин). Относительно низкая производительность работы газогенераторных и газобаллонных автомобилей и высокая себестоимость их эксплуатации в настоящее время определяются в первую очередь несовершенством их конструкций. Существовавшие до войны типы газогенераторных и газобаллонных автомобилей были созданы путем переоборудования бензиновых автомобилей. Между тем для успешного применения на автотранспорте различных видов газогенераторного и газового топлива необходимо создание специальных конструкций автомобилей и специальных типов двигателей. Такие конструкции в настоящее время создаются.

Второй причиной, определяющей низкие эксплуатационно-технические показатели работы газогенераторных и газобаллонных автомобилей, является некондиционность применяемого топлива, несоответствие его предъявляемым к нему требованиям (см. гл. 10). Это в основном определяется кустарными методами производства местного топлива для нужд автотранспорта. Третьей причиной, определяющей высокую себестоимость эксплуатации газогенераторных и газобаллонных автомобилей, является относительно высокая стоимость топлива. Она объясняется неудовлетворительной организацией заготовок газогенераторного топлива, а также высокой стоимостью компримирования газов для газобаллонных автомобилей. При создании совершенных конструкций газогенераторных и газобаллонных автомобилей специальных типов, выпуске их в серийном порядке нашей автомобильной промышленностью, а также при правильной организации топливного хозяй-

ства, позволяющей обеспечить автомобильный парк высококачественным и дешевым местным топливом, можно добиться резкого повышения эксплуатационно-технических показателей работы газогенераторных и газобаллонных автомобилей по сравнению с указанными в приводимых ниже расчетах. В этом случае себестоимость эксплуатации газогенераторных и газобаллонных автомобилей может оказаться ниже, чем бензиновых, и работа их будет рентабельной.

Все это следует учитывать при оценке приведенных ниже основных расчетных данных по производительности и себестоимости работы автомобилей на различных видах топлива, а также выводов, сделанных из них.

Необходимо отметить еще одну условность этих расчетов, определяемую тем, что стоимость топлива принята по средним показателям, в то время как она может быть резко дифференцирована по отдельным районам в зависимости от метода производства и расстояния транспортировки. Поэтому в районах, удаленных от пунктов производства и переработки нефти, рентабельность применения автомобилей, работающих на местных видах топлива, будет еще выше.

Только с учетом этих положений могут быть сделаны некоторые выводы из приведенных в табл. 124 и 121 расчетных данных по себестоимости эксплуатации автомобилей ГАЗ и ЗИС на различных видах топлива.

Эти расчетные данные, построенные применительно к современным условиям, показывают, что использование заменителей требует весьма значительных дополнительных расходов, связанных как с удорожанием самого автомобиля (за счет дополнительного оборудования, необходимого для использования данного топлива), так и с увеличением эксплуатационных расходов.

Для газогенераторных автомобилей дополнительные расходы сводятся к следующим основным статьям.

а) Увеличение стоимости автомобиля и амортизационных отчислений.

Стоимость установки и срок ее амортизации официально определены только для стандартных, выпускаемых заводами, газогенераторных установок типа ЗИС-21 и ГАЗ-42. Прейскурантная цена на них (по данным московской конторы Автотракторосбыта) для ГАЗ-42 равна 2145 руб. и для ЗИС-21 — 5753 руб., включая сюда стоимость оборудования и рабочей силы, необходимых для монтажа.

Амортизационные отчисления по газогенераторным автомобилям определены постановлением СНК СССР от 28/VII 1945 г. за № 1879 в следующем размере (на 1000 км пробега):

для ГАЗ-42 — 138 руб. (в том числе 70 руб. на капитальный ремонт),

для ЗИС-21 — 147 руб. (в том числе 110 руб. на капитальный ремонт).



## Сводная калькуляция себестоимости эксплуатации автомобиля ГАЗ на разных топливах

Вид топлива	Единица измерения	Расходы на единицу измерения, коп.						
		Зарплата шоферу с начислениями	Топливо—основное и дополнительное	Прочие эксплуатационные материалы (смазочные, обтирочн., резина)	Техническое обслуживание и ремонт (средний)	Амортизация и капитальный ремонт	Накладные расходы	Всего
Бензин	т-км	23,2	4,7	9,9	15,5	10,8	26,3	90,4
	маш.-км	19,9	4,0	8,4	13,2	9,2	22,5	77,2
Сжиженные газы	т-км	29,9	7,7	19,6	16,6	11,6	28,2	104,6
	маш.-км	23,8	6,2	8,4	12,2	9,2	22,4	83,2
Природный газ	т-км	38,5	8,6	13,4	21,1	14,6	36,3	132,5
	маш.-км	24,1	5,8	8,4	13,2	9,2	22,8	83,5
Коксовый газ	т-км	40,8	18,7	13,5	21,1	14,7	38,4	147,2
	маш.-км	25,5	11,7	8,4	13,2	9,2	24,1	92,1
Древесная чурка	т-км	38,8	12,5	12,3	39,17	20,1	33,8	156,6
	маш.-км	26,6	8,6	8,4	26,9	13,8	23,2	107,5
Древесный уголь	т-км	32,9	14,2	10,6	30,3	15,6	28,6	132,2
	маш.-км	26,2	11,3	8,4	24,1	12,4	22,8	105,2
Древесноугольные брикеты	т-км	32,9	19,0	10,6	30,3	15,6	28,6	137,0
	маш.-км	26,2	15,1	8,4	24,1	12,4	22,8	109,0
Торф кусковой	т-км	40,6	6,2	12,4	39,5	20,3	35,3	154,3
	маш.-км	27,6	4,2	8,4	26,9	13,8	24,1	105,0
Торфобрикеты	т-км	40,6	13,6	12,4	39,5	20,3	35,3	161,7
	маш.-км	27,6	9,2	8,4	26,9	13,8	24,1	110,0
Бурый уголь	т-км	40,6	5,2	12,4	39,5	20,3	35,3	153,3
	маш.-км	27,6	3,5	8,4	26,9	13,8	24,1	104,3
Антрацит	т-км	38,8	4,8	11,8	41,6	21,0	33,8	151,8
	маш.-км	27,6	3,4	8,4	29,6	15,0	24,1	108,1
Полукокс каменного угля	т-км	37,4	4,4	11,8	37,7	19,4	32,5	143,2
	маш.-км	26,6	3,2	8,4	26,9	13,8	23,2	102,1

## Сводная калькуляция себестоимости эксплуатации автомобиля ЗИС на разных топливах

Вид топлива	Единица измерения	Расходы на единицу измерения, коп.						
		Зарплата водителю с начислениями	Топливо—основное и дополнительное	Прочие эксплуатационные материалы (смазочные, обтирочн., резина)	Техническое обслуживание и средний ремонт	Амортизация и капитальный ремонт	Накладные расходы	Всего
Бензин	т-км	14,9	3,9	6,4	11,9	5,7	14,8	57,6
	маш.-км	25,6	6,7	10,9	20,3	9,7	25,3	98,5
Сжиженные газы	т-км	17,8	6,0	6,3	11,9	5,7	14,7	62,3
	маш.-км	30,4	10,2	10,9	20,3	9,7	25,1	106,6
Природный газ	т-км	21,5	6,5	7,7	14,3	6,8	17,7	74,5
	маш.-км	30,4	8,6	10,9	20,3	9,7	25,1	105,0
Коксовый газ	т-км	22,7	13,6	7,7	14,4	6,9	18,7	84,0
	маш.-км	32,1	19,3	10,9	20,3	9,7	26,4	118,7
Древесная чурка	т-км	24,1	10,0	7,6	19,0	10,0	18,3	89,0
	маш.-км	34,3	14,2	10,9	27,1	14,7	25,8	127,0
Древесный уголь	т-км	23,7	12,9	7,6	18,0	9,2	18,0	89,4
	маш.-км	33,8	18,4	10,9	25,7	13,2	25,7	127,7
Древесноугольные брикеты	т-км	23,7	17,2	7,6	18,0	9,2	18,0	93,7
	маш.-км	33,8	24,6	10,9	25,7	13,2	25,7	133,9
Торф кусковой	т-км	24,6	5,0	7,7	19,0	10,3	18,7	85,3
	маш.-км	35,0	7,1	10,6	27,0	14,7	26,6	121,3
Торфобрикеты	т-км	24,6	10,0	7,7	19,0	10,3	18,7	90,3
	маш.-км	35,0	14,3	10,9	27,1	14,7	26,6	123,6
Бурый уголь	т-км	24,6	3,7	7,7	19,0	10,3	18,7	84,0
	маш.-км	35,0	5,3	10,9	27,1	14,7	26,6	119,5
Антрацит	т-км	22,8	4,2	6,9	18,5	10,4	17,3	80,1
	маш.-км	35,0	6,5	10,9	28,4	16,0	26,6	123,4
Полукокс каменного угля	т-км	22,3	3,5	7,1	17,6	9,6	16,9	77,0
	маш.-км	34,3	5,4	10,9	27,1	14,7	25,8	118,2

Таким образом, переоборудование бензинового автомобиля для работы на газогенераторном топливе дает увеличение его стоимости и амортизационных отчислений в размерах, указанных в табл. 126.

Т а б л и ц а 126

Тип автомобиля	Увеличение	
	стоимости установки	амортизационных отчислений
	% к стоимости бензина	
ГАЗ	на 37,2	на 50,0
ЗИС	на 57,5	на 31,5

Практическая стоимость газогенераторного автомобиля выше указанной в табл. 126, так как здесь не учтено увеличение стоимости самого автомобиля (вызванное изменениями в трансмиссии и двигателе). По данным 1944 г., стоимость газогенераторных автомобилей заводского выпуска (ГАЗ-42 и ЗИС-21) составляла по отношению к стоимости бензиновых автомобилей того же типа (ГАЗ-АА и ЗИС) соответственно 204 и 160%.

Точных данных о стоимости установок других типов и сроке их службы нет.

По материалам ЦНИИАТ, ориентировочная стоимость установки УГ-1 для древесного угля в два раза меньше, чем для древесных чурок (около 1500 руб.); при этом срок ее службы примерно в полтора раза больше, а затраты на ремонт в два раза меньше (отсутствие топливника, больший срок службы очистителей и т. д.). Исходя из этих данных, затраты на капитальный ремонт и амортизационные отчисления для автомобиля с установкой УГ-1 можно принять на 30% меньше, чем для установок, работающих на древесных чурках.

Для установок прямого процесса газификации с присадкой воды или пара аналогичные показатели следует принять выше (на 2,5%), чем для установок на древесных чурках, так как дополнительное водоподающее устройство удорожает установку, а наличие в каменноугольных топливах серы и высокие температуры газификации снижают срок службы этих установок.

Размеры амортизационных отчислений и расходов на капитальный ремонт по автомобилям, работающим на газообразных топливах, могут быть приняты равными соответствующим расходам при работе на бензине, так как удорожание автомобиля при оборудовании его аппаратурой для работы на газе (2000—3000 руб.) частично компенсируется большим межремонтным пробегом (см. гл. 12 и 13) и соответственно меньшими расходами на ремонт (на 1 км пробега).

б) Увеличение затрат на техническое обслуживание и средний ремонт. Более или менее полно и точно эти затраты определены практикой по газогенераторным автомобилям для древесных чурок.

Т а б л и ц а 127  
Принятые нормы расходов при расчете себестоимости работы газогенераторных автомобилей

Статья расхода	Автомобили	Принятая величина	Основание
1. Зарплата шоферов	а) Все газогенераторные	130% к бензиновым	Постановление СНК СССР от 10/X 1942 г. № 1666
	б) Все газобаллонные	120% к бензиновым	
2. Основное топливо	То же	Данные соответствующих министерств (средние для различных видов топлива). Нормы расхода и стоимость указаны в настоящей главе	
3. Дополнительное топливо:	а) дополнительное (древесный уголь)	Газогенераторные на древесной чурке и антраците	1,5—2,5 кг на 100 км
	б) пусковое (бензин)	То же	1,5—2,5 кг на 100 км
4. Смазочные и обгирочные материалы	Все газогенераторные и газобаллонные	То же	1—1,7 кг на 100 км
5. Техническое обслуживание и средний ремонт	То же	8605—12 980 руб. за один ремонтный цикл	Примерные нормы стоимости ремонта и материал ЦНИИАТ
6. Амортизация автомобиля	Газогенераторные на древесной чурке	138—147 руб. на 1000 км	Постановление СНК СССР от 28/VII 1945 г. № 1879

Примечание. Нормы указаны: первая цифра — для автомобилей ГАЗ, вторая — для автомобилей ЗИС.

Затраты по другим типам газогенераторов определить весьма трудно вследствие отсутствия опыта их эксплуатации. Ориентировочно можно считать, что автомобили с газогенераторными установками для древесного угля потребуют затрат на 20% меньше, а автомобили с установками для каменноугольных топлив, работающими по прямому процессу газификации, на 20% больше, чем установки для древесных чурок.

Для газобаллонных автомобилей трудоемкость технического обслуживания, текущего и среднего ремонтов принята на 3—6% выше, чем для бензиновых автомобилей.

в) Заработная плата шоферов. Согласно действующему правительственному постановлению, заработная плата шоферов газогенераторных автомобилей...

нераторных автомобилей на 30%, а газобаллонных автомобилей на 20% выше, чем бензиновых.

г) Прочие нормы по отдельным статьям расхода приведены в сводной справочной табл. 127.

Для сопоставимости расчетов по себестоимости 1 т-км при эксплуатации автомобиля на различных топливах приняты одинаковые условия работы, наиболее близкие к реальным условиям их эксплуатации. Одинаковыми приняты следующие показатели, не зависящие от конструктивных особенностей автомобиля (табл. 128).

Таблица 128

Тип автомобиля	Показатели работы				
	средняя продолжительность рабочего дня	средняя длина ездки, км	время простоя под погрузкой, выгрузкой и оформлением документов, час.	коэффициент использования пробега $\xi$	коэффициент использования грузоподъемности автомобиля
ГАЗ . . . . .	13,6	15	0,7	0,6	0,95
ЗИС . . . . .	13,6	15	0,85	0,6	0,95

Часть показателей зависит от конструкции автомобиля.

Скорость движения автомобиля зависит как от конструктивных и динамических качеств автомобиля, так и от условий эксплуатации. Для наших расчетов принята нормативная средняя скорость для заданных условий работы, т. е. для ГАЗ-АА — 20 км/час и для ЗИС-5 — 19 км/час. Из материалов, приведенных в гл. 10, следует, что газогенераторные и газобаллонные автомобили на сжатых газах, имея несколько ухудшенные динамические качества, соответственно имеют и более низкие средние скорости движения; поэтому в зависимости от типа газогенератора и вида топлива средние скорости движения приняты от 17 до 20 км.

Величина полезной грузоподъемности автомобиля зависит от его конструкции и топливной аппаратуры, установленной на нем. Грузоподъемность для разных типов автомобилей приведена в табл. 129.

Таблица 129

Топливо и установки	Древесная чурка, торф, бурый уголь		Древесный уголь и брикеты		Полукокс, антрацит		Сжатые газы		Сжиженные газы	Бензин и другие жидкие топлива	
	ГАЗ-42	ЗИС-21	УГ-1	УГ-2	АГ-1	АГ-2	ГАЗ-42	ЗИС-30		ГАЗ-АА	ЗИС-5
ГАЗ . . . . .	1,2	—	1,4	—	1,25	—	1,1	—	1,4	1,5	3,0
ЗИС . . . . .	—	2,5	—	2,5	—	2,7	—	2,5	3,0	—	—

Приведенные выше измерители определяют среднесуточный пробег автомобиля и выработку в тонно-километрах (табл. 130).

Таблица 130

Топливо	Тип установки		Суточный пробег автомобиля, маш.-км		Выработка, т-км	
	ГАЗ	ЗИС	ГАЗ	ЗИС	ГАЗ	ЗИС
Бензин . . . . .	—	—	175	158	149	270
Сжиженные газы . . . . .	—	—	175	158	139	270
Природный газ . . . . .	—	—	172	158	108	224
Коксовый газ . . . . .	—	—	163	150	102	212
Древесная чурка . . . . .	ГАЗ-42	ЗИС-21	169	152	116	216,5
Древесный уголь . . . . .	УГ-1	УГ-2	172	154	137	220
Древесноугольные брикеты . . . . .	УГ-1	УГ-2	172	154	137	220
Торф и торфобрикеты . . . . .	ГАЗ-42	ЗИС-21	163	149	111	212
Бурый уголь . . . . .	ГАЗ-42	ЗИС-21	163	149	111	212
Антрацит . . . . .	АГ-1	АГ-2	163	149	116	229
Полукокс каменного угля . . . . .	АГ-1	АГ-2	169	152	120,5	234

Сравнительная себестоимость работы автомобилей ГАЗ и ЗИС на различных топливах (в процентах к себестоимости работы бензинового автомобиля) определяется показателями, приведенными в табл. 131.

Таблица 131

Себестоимость перевозок автомобилями при работе на различных топливах

Топливо и типы автомобилей	Себестоимость, коп.		В % к бензиновым автомобилям на 1 т-км
	1 т-км	1 маш.-км	
Автомобили ГАЗ			
Бензин . . . . .	90,3	77,2	100,0
Древесная чурка . . . . .	156,7	107,5	173,5
Древесный уголь . . . . .	132,2	105,3	146,6
Брикеты древесноугольные . . . . .	137,0	109,1	151,8
Торф кусковой . . . . .	154,2	105,0	171,0
Торфобрикеты . . . . .	161,6	110,0	179,0
Бурый уголь . . . . .	153,2	104,3	170,0
Полукокс каменного угля . . . . .	143,2	102,1	158,8
Антрацит . . . . .	151,8	108,1	168,8
Сжиженный газ . . . . .	104,7	83,1	116,0
Природный газ . . . . .	132,5	83,5	147,0
Коксовый газ . . . . .	147,2	92,1	160,0

Таблица 132

Топливо и типы автомобилей	Себестоимость, коп		В % к бензиновым автомобилям на 1 т-км
	1 т-км	1 маш.-км	
Автомобили ЗИС			
Бензин . . . . .	57,5	88,4	100,0
Древесная чурка . . . . .	89,0	127,0	155,0
Древесный уголь . . . . .	89,4	127,7	155,2
Торф кусковой . . . . .	85,3	121,3	148,0
Торфбрикеты . . . . .	90,3	128,5	157,1
Бурый уголь . . . . .	84,0	119,5	146,0
Полукокс каменного угля . . . . .	76,9	118,1	133,7
Антрацит . . . . .	80,2	123,3	139,5
Брикеты древесноугольные . . . . .	93,8	134,0	163,0
Сжиженный газ . . . . .	62,4	106,6	108,5
Природный газ . . . . .	74,5	105,0	129,6
Коксовый газ . . . . .	83,9	118,6	146,0

Таблица 133

Удельный вес отдельных расходов в себестоимости одного тонно-километра по автомобилю ГАЗ (в процентах к итогу)

Топливо	Себестоимость 1 т-км, коп.	Зарплата шоферов с начислениями	Топливо основное и дополнительное	Прочие эксплуатационные материалы	Технический уход и средний ремонт	Амортизация и капитальный ремонт	Накладные расходы	Всего
Бензин . . . . .	90,4	25,7	5,2	11,0	17,2	11,9	29,0	100
Сжиженный газа . . . . .	104,6	28,5	7,4	10,1	15,9	11,1	27,0	100
Природный сжатый газ . . . . .	132,5	29,1	6,5	10,1	15,9	11,0	27,5	100
Кокс вый сжатый газ . . . . .	147,2	27,7	12,7	9,1	14,3	10,1	26,1	100
Древесная чурка . . . . .	156,6	24,8	8,0	7,8	25,0	12,8	21,6	100
Древесный уголь . . . . .	132,2	24,8	10,8	8,1	22,9	12,8	21,6	100
Древесноугольные брикеты . . . . .	137,0	24,0	13,9	7,7	22,1	11,4	20,9	100
Торф кусковой . . . . .	154,3	26,2	4,0	8,0	25,7	13,2	22,9	100
Торфбрикеты . . . . .	161,7	25,1	5,4	7,7	24,4	12,6	21,8	100
Бурый уголь . . . . .	153,3	26,4	3,4	8,1	25,8	13,3	23,0	100
Антрацит . . . . .	151,8	25,6	3,2	7,8	27,3	13,8	22,3	100
Полукокс каменного угля . . . . .	143,2	26,1	3,2	8,3	26,3	13,5	22,6	100

Изменения абсолютного уровня и удельного веса отдельных групп расходов в себестоимости перевозок на автомобилях, работающих на различных видах топлива, определяются следующими причинами.

1. Зарплата шоферов газогенераторных автомобилей на 30%, а газобаллонных на 20% выше, чем бензиновых (для всех рассматриваемых в калькуляции случаев; см. табл. 122 и 121).

2. Расход на топливо (как основное, так и дополнительное) по газогенераторным и газобаллонным автомобилям ниже, чем по бензиновым.

Как видно из приведенных выше расчетов, оценка экономичности газогенераторного или газобаллонного автомобиля только по топливной слагающей была бы совершенно ошибочной. Стоимость топлива составляет лишь от 3 до 12,5% всех расходов по эксплуатации автомобилей, и изменение ее не имеет решающего значения для экономичности эксплуатации автомобилей на различных видах топлива. Поэтому нельзя обосновывать рентабельность эксплуатации газогенераторных автомобилей только по величине экономии на топливе. Изменение стоимости топлива в зависимости от его сорта или метода добычи оказывает очень слабое влияние на стоимость перевозок на газогенераторных автомобилях.

Из приведенных ниже в табл. 134 данных видно, что увеличение стоимости топлива даже вдвое (древесный уголь кучного выжига) изменяет себестоимость перевозок газогенераторным автомобилем только на 7%.

Поэтому изменения себестоимости газогенераторного топлива в зависимости от способа его производства, района добычи и других условий не оказывают решающего влияния на себестоимость перевозок.

3. Расходы по техническому обслуживанию и ремонту газогенераторных автомобилей выше, чем бензиновых, на 1—2% для установок прямого и горизонтального процесса газификации и на 5—7% — для установок обращенного процесса.

4. Снижение производительности работы газогенераторного и газобаллонного автомобиля является одним из решающих факторов, определяющих себестоимость перевозок. Значение его может быть показано на следующем примере. Если принять расходы на измеритель в соответствии с данными табл. 124 и 125, а производительность автомобилей, работающих на заменителях, равной производительности бензиновых автомобилей, то получится, что себестоимость одного тонно-километра будет иметь значения, приведенные в табл. 135.

Повышение производительности газогенераторных автомобилей является наиболее радикальным средством для снижения себестоимости их эксплуатации и обеспечения рентабельной их работы.

## Влияние стоимости топлива на себестоимость работы газогенераторных автомобилей

Топливо	Цена за 1 т, руб.	Стоимость топлива, коп.		Стоимость, коп.		% изменения стоимости топлива	% изменения себестоимости перевозок	Удельный вес стоимости топлива в общей стоимости, %
		на 1 маш.-км	на 1 т-км	1 маш.-км	1 т-км			
<b>А. Древесные чурки</b>								
1. Механизированной разработки (средняя стоимость)	150	9,0	12,75	111,3	158,0	—	—	9,34
2. Естественной сушки, механизированной разработки	138	8,0	11,4	110,4	156,6	-11,0	-1	7,27
3. Искусственной сушки, ручной разработки	200	12,0	17,0	114,3	162,3	+33,3	+3,6	10,5
<b>Б. Древесный уголь</b>								
1. Печной	180	6,3	7,6	102,1	123,8	—	—	7,25
2. Кучной	380	13,3	27,7	109,1	143,9	+111	+7	12,16
3. Отходы	30	1,05	1,3	96,9	117,4	-83,3	-5	1,04
<b>В. Бурый уголь</b>								
1. По средней стоимости	35	2,1	2,98	104,2	147,8	—	—	2,10
2. Челябинский БМ	19-68	1,2	1,7	103,3	146,5	-43,7	-1	1,14
3. Средне-Азиатский БК	53-52	3,2	4,6	105,3	149,4	+53,5	+1,1	3,06

Таблица 135

Топливо	Себестоимость 1 т-км при работе автомобиля на различных видах топлива по сравнению с себестоимостью для бензинового автомобиля			
	ГАЗ		ЗИС	
	коп.	%	коп.	%
Древесная чурка	123,9	137,0	73,7	128,0
Древесный уголь	122,1	135,5	74,5	129,2
Древесноугольные брикеты	126,7	140,2	78,0	135,3
Торф	118,8	131,5	69,5	120,8
Бурый уголь	117,9	130,6	68,5	118,8
Полукок	117,9	130,6	65,5	113,9
Антрацит	122,3	135,7	70,7	122,7
Природный газ	96,1	107,0	62,3	108,5
Коксовый газ	103,9	115,0	68,3	118,5
Сжиженный газ	98,5	109,0	62,8	109,0

Газогенераторные автомобили будущих конструкций должны, по возможности, иметь эксплуатационно-технические показатели, равноценные показателям для обычных бензиновых автомобилей.

Таким образом, анализ себестоимости эксплуатации газогенераторных и газобаллонных автомобилей показывает, что:

1) эксплуатация газогенераторных и газобаллонных автомобилей современных конструкций дороже, чем бензиновых;

2) основными причинами, вызывающими повышение себестоимости эксплуатации газогенераторных и газобаллонных автомобилей по сравнению с бензиновыми, являются:

а) снижение их эксплуатационно-технических качеств (грузоподъемность, скорость, динамические показатели), приводящее к снижению производительности работы,

б) увеличение расходов на эксплуатацию (зарплата шоферов, техническое обслуживание и ремонт, амортизационные отчисления).

3) для улучшения экономических показателей эксплуатации газогенераторных автомобилей нужно значительно усовершенствовать их конструкцию с целью обеспечить грузоподъемность, среднетехническую скорость, время на запуск двигателя, время на обслуживание и ремонты газогенераторных автомобилей на уровне соответствующих показателей для стандартных бензиновых автомобилей. При этом возможно снижение себестоимости перевозок до размеров, указанных в табл. 135.

4) из существующих типов газогенераторов наиболее экономичные результаты дают установки, работающие по прямому или горизонтальному процессу газификации на топливах с малым выходом летучих (особенно на древесном угле, полукоксе и антраците). Для газобаллонных автомобилей лучшую экономичность обеспечивают сжиженные газы в силу своих высоких топливных качеств;

5) на основании произведенных выше расчетов можно утверждать, что наиболее целесообразно переводить с бензина на различные заменители автомобили средней и большой грузоподъемности.

Для подтверждения этого положения приведем несколько расчетов.

Экономия бензина при переводе автомобиля на генераторный газ при принятых выше условиях эксплуатации выразится:

для ГАЗ-АА — в 9,0 т в год,

для ЗИС-5 — в 12,75 т в год.

Из этого количества необходимо вычесть бензин, расходуемый на запуск газогенераторного автомобиля, количество которого составит: для ГАЗ — 1,0 т, для ЗИС — 1,25 т. Таким образом, экономия бензина составит:

для ГАЗ-АА — 8,0 т в год,

для ЗИС-5 — 11,5 т в год.

Производительность одного автомобиля в год на разных видах топлива указана в табл. 136.

Таблица 136

Тип автомобиля	Грузо- подъем- ность, т	Произво- дитель- ность в год, т-км	% к бен- зиновому автомо- билю
ГАЗ-АА . . . . .	1,5	48 600	100,0
ГАЗ-42 . . . . .	1,2	35 700	73,4
ГАЗ-УГ-1 . . . . .	1,4	42 800	88,1
ГАЗ-АГ-1 . . . . .	1,25	38 200	78,7
ГАЗ (на сжиженном газе)	1,40	43 600	90,0
ГАЗ (на сжатом газе)	1,1	32 200	83,5
ЗИС-5 . . . . .	3,0	88 600	100,0
ЗИС-21 . . . . .	2,5	65 000	77,7
ЗИС-УГ-2 . . . . .	2,5	66 200	79,2
ЗИС-АГ-2 . . . . .	2,7	71 600	85,6
ЗИС (на сжиженном газе)	3,0	83 600	100,0
ЗИС (на сжатом газе)	2,5	67 000	80,0

Полагая, что при совершенной конструкции газогенераторной установки грузоподъемность автомобиля ГАЗ может быть повышена до 1,4 т, а ЗИС до 3 т, уменьшение производительности по отношению к соответствующим бензиновым автомобилям составит для ГАЗ — 12%, для ЗИС — 6,5%.

Обобщая произведенные расчеты, получаем сравнительную эффективность работы газогенераторных автомобилей ГАЗ по отношению к ЗИС при переводе их на генераторный газ (табл. 137).

Таблица 137

Показатели	В % к автомо- билю ЗИС
Экономия бензина . .	69,6
Производительность . .	51,5
Затраты на эксплуатацию при работе на:	
древесной чурке . .	93,0
древесном угле . .	90,4

При этом себестоимость 1 т-км автомобиля ГАЗ выше, чем автомобиля ЗИС, при работе на древесной чурке — на 67%, а при работе на древесном угле — на 39,5%.

Выражая полученные значения в соизмеримых величинах (на 1 т-км), получаем данные, приведенные в табл. 138.

Приведенные выше расчеты не носят нормативного характера и служат лишь для сравнения. Условия работы автомобилей, конструкция и эксплуатационные качества газогенераторной установки, себестоимость топлив определяют на практике значитель-

Таблица 138

Показатели	ГАЗ-42	ЗИС-21
Экономия бензина, кг/ткм . . . . .	0,225	0,180
Затрата на эксплуатацию, коп/ткм . . . . .	157	89

ные отклонения в ту или другую сторону от результатов, полученных нами. Основной целью наших расчетов было сравнение себестоимости эксплуатации автомобиля на различных топливах и анализ причин, вызывающих отклонение себестоимости по сравнению с данными для бензинового автомобиля. Многие данные в расчетах еще не подтверждены практикой эксплуатации и взяты приближенно.

Однако при всех принятых нами условностях произведенные расчеты указывают на необходимость создания новых, более совершенных конструкций газогенераторных установок и более рациональной организации топливного хозяйства. Это даст возможность снизить себестоимость эксплуатации газогенераторных автомобилей и повысить рентабельность их работы.

Массовый выпуск автомобилей новых, более совершенных конструкций должен благотворно отразиться на удешевлении их эксплуатации. Поэтому можно считать вполне вероятным в перспективе снижение себестоимости эксплуатации газогенераторного автомобиля не менее чем на 15—20% от полученной выше плановой себестоимости.

Применение газогенераторных автомобилей более целесообразно при работе вне города. Это связано не только с экономическими показателями их работы, но также со следующими соображениями:

а) газогенераторные автомобили имеют ухудшенные по сравнению с бензиновыми автомобилями динамические показатели, что объясняется меньшей гибкостью работы двигателя на газовой смеси. Уменьшение маневренности автомобиля в условиях городского движения вызывает дополнительное снижение эксплуатационных показателей, а следовательно, и производительности, что явно нецелесообразно (см. табл. 139);

б) работа газогенераторных автомобилей в городах в большинстве случаев требует дополнительной перевозки топлив, удорожающей их эксплуатацию. Кроме того, при решении транспортной проблемы в городах большую роль играют гигиенические соображения.

#### Границы рентабельности применения газогенераторных автомобилей

Произведенный выше анализ сравнительных качеств и экономичности использования различных топлив для автомобилей дает

Сравнение эффективности использования автомобилей на различных участках эксплуатации работы по себестоимости перевозок на разных видах топлива

Топливо	1-й вариант						2-й вариант						3-й вариант								
	Городские условия работы (длина ездки 7 км)			Смешанные условия работы (длина ездки 15 км)			Тракторная работа (длина ездки 30 км)			ГАЗ			ЗИС			ГАЗ			ЗИС		
	себестоимость I	т-км, коп.	в % к бензину	себестоимость I	т-км, коп.	в % к бензину	себестоимость I	т-км, коп.	в % к бензину	себестоимость I	т-км, коп.	в % к бензину	себестоимость I	т-км, коп.	в % к бензину	себестоимость I	т-км, коп.	в % к бензину	себестоимость I	т-км, коп.	в % к бензину
	130,7	200,5	100,0	91,9	119,8	130,4	90,34	156,66	173,4	100,0	68,4	57,52	100,0	62,7	77,8	100,0	59,6	45,49	100,0	49,5	
Бензин	130,7	200,5	100,0	91,9	119,8	130,4	90,34	156,66	173,4	100,0	68,4	57,52	100,0	62,7	77,8	100,0	59,6	45,49	100,0	49,5	
Древесная чурка	169,8	175,1	129,8	120,8	131,4	132,16	146,7	75,8	146,7	75,8	89,43	155,1	74,0	108,3	139,3	139,3	63,8	72,24	159,0	59,8	
Древесный уголь	175,1	193,7	134,0	125,9	137,1	136,95	151,8	78,1	151,8	78,1	93,77	162,9	74,6	112,5	144,9	144,9	64,2	76,13	167,8	60,6	
Древесноугольные брикеты	193,7	202,1	148,2	115,8	126,2	154,18	171,0	79,7	171,0	79,7	85,26	148,0	73,6	124,6	160,2	160,2	64,4	68,3	150,1	59,0	
Торф	202,1	192,9	155,0	121,7	132,5	161,56	179,0	80,6	179,0	80,6	90,31	159,6	74,2	131,2	169,0	169,0	65,5	72,8	160,1	59,8	
Торфобрикеты	192,9	182,0	147,5	114,5	124,8	153,15	169,0	79,5	169,0	79,5	83,99	145,8	73,3	123,8	159,0	159,0	64,4	67,1	147,6	58,6	
Бурый уголь	182,0	190,6	124,8	104,3	113,7	143,20	158,8	78,3	158,8	78,3	76,88	133,4	73,6	116,1	149,5	149,5	63,7	60,9	134,0	58,4	
Полукок	190,6	136,0	146,0	108,7	118,3	151,80	168,1	79,6	168,1	79,6	80,22	139,1	73,8	128,7	165,6	165,6	67,5	64,4	142,0	59,2	
Антрацит	136,0	172,0	104,1	86,3	94,2	104,66	115,8	76,8	115,8	76,8	62,35	108,1	72,3	83,2	107,0	107,0	61,2	49,4	108,6	57,2	
Сжиженный газ	172,0	186,2	131,7	104,6	114,0	132,50	147,0	77,0	147,0	77,0	74,50	129,6	71,0	105,8	135,1	135,1	61,0	58,9	129,8	56,2	
Природный газ	186,2		142,6	111,8	121,8	147,16	163,0	79,0	163,0	79,0	83,93	145,8	75,1	116,6	150,0	150,0	62,5	65,0	145,0	58,9	
Коксовый газ																					

возможность определить границы рентабельности применения заменителей бензина для автомобильного парка.

Как было показано, себестоимость эксплуатации автомобилей на заменителях выше, чем на нефтяном бензине. Поэтому всякие дополнительные расходы, увеличивающие стоимость топлив, вызывают дополнительное повышение себестоимости эксплуатации газогенераторных автомобилей. В первую очередь это относится к транспортировке газогенераторных топлив, которая требует значительных затрат и загружает большое количество подвижного состава. Следует учитывать, что одному килограмму или литру бензина, израсходованному на пробег автомобиля, будет эквивалентно различное, но всегда большее количество газогенераторного топлива.

Действительно, если на одной тонне бензина автомобиль ГАЗ-АА может дать пробег в 6450 км, а автомобиль ЗИС-5 в 3920 км, то для такого пробега газогенераторному автомобилю потребуется топливо в количествах, указанных в табл. 140.

Таблица 140

Автомобиль	Количество топлива, заменяющее 1 т бензина, т										
	древесная чурка, смесь	древесный уголь, смесь	древесно-угольные брикеты	торф	торфобрикеты	торфокок	бурый уголь	полукок каменного угля	брикеты каменного угля	антрацит	брикетированная солома
ГАЗ	3,86	2,26	2,26	4,5	4,2	2,1	3,86	2,07	3,23	2,58	3,23
ЗИС	3,73	2,12	2,12	4,47	3,73	2,1	3,73	2,2	3,0	3,36	3,1

Сравнительная потребность в подвижном составе для перевозки одинакового по весу количества (100 т) топлива различных видов приведена в табл. 141.

Таблица 141

Подвижной состав	Колич. подвижного состава, необходимого для перевозки 100 т											
	бензина	древесной чурки	древесного угля	древесно-угольных брикетов	торфа	торфобрикетов	торфококса	бурого угля	полукокса	брикетов каменного угля	антрацита	соломы брикетированной
Автомобилей ЗИС-21	42	47	62	40	62	40	40	40	40	40	40	40
Железнодорожных вагонов 20-тонных	5	7,9	13,8	5,0	6,7	5,0	5,6	5,0	5,6	5	5	5

Однако для оценки целесообразности перевозок газогенераторных топлив надо исчислять потребность в подвижном составе на

одинаковую по объему работу автомобиля. Этот показатель может быть получен путем перемножения данных в табл. 140 на соответствующие величины из табл. 141. В результате таких подсчетов определена потребность в транспортных средствах для перевозки топлив различных видов в количествах, обеспечивающих пробег, равный пробегу автомобилей на 100 т бензина (см. табл. 142).

Таблица 142

Подвижной состав	Количество подвижного состава, необходимого для перевозки топлива, при работе на											
	бензине	древесной чурке	древесном угле	древесно-угольных брикетах	торфе	торфо-брикетах	торфококсе	буром угле	полукоксе каменного угля	брикетах каменного угля	антраците	соломе брикетированной
Автомобилей ЗИС-5 и ЗИС-21	42	175	132	85	278	149	84	149	84	120	135	124
Железнодорожных вагонов 20-тонных	5	29,5	29,5	10,7	26,8	18,7	11,8	18,7	11,8	15	16,8	15,5

Значительное увеличение потребности в перевозочных средствах в случае замены бензина твердым топливом ставит под сомнение целесообразность перевозки твердых топлив на значительные расстояния.

Газообразные топлива обычно поступают на пункты заправки автомобилей (газонаполнительные станции) по трубопроводам. Перевозка сжатых газов в баллонах еще более нерентабельна, чем перевозка газогенераторных топлив, вследствие большого веса баллонов. Продолжая приведенный выше расчет для природных и коксовых газов, получим, что 1 т автобензина (для ЗИС-5) эквивалентна:

- 1400 м<sup>3</sup> природного газа,
- 2800 м<sup>3</sup> коксового газа,
- 1050 м<sup>3</sup> сжиженного газа.

Для перевозки в баллонах газа в количествах, эквивалентных

Таблица 143

	Бензин	Природный газ	Коксовый газ	Сжиженный газ
Автомобилей ЗИС-5	42	280	560	63*
Железнодорожных двухосных вагонов	5	35	70	—

\* Перевозка в специальных цистернах под давлением 16 атм.

100 т бензина, потребуется подвижной состав, указанный в табл. 143.

Вследствие низкой транспортабельности газогенераторных и газобаллонных топлив расходы по их перевозкам составляют значительную часть стоимости этих топлив.

При решении вопроса о предельном расстоянии перевозки газогенераторных топлив необходимо учесть значительные потери их при перевозке и связанных с ней операциях (погрузке, выгрузке, хранении на перевалочных складах и т. д.).

Так, например, древесный уголь (см. гл. 4) дает потери (в среднем по объему):

- при транспортировке по железной дороге — 2,5%;
- при транспортировке на автомобилях — около 6%;
- при погрузке и выгрузке — около 2%.

Древесная чурка при этих же операциях дает потерь до 4—5%, кусковой торф и бурый уголь — 10—15%. Меньше потери брикетированных топлив (2—3%).

Таким образом, перевозка газогенераторных топлив нерациональна вследствие:

- а) значительно большей потребности в транспортных средствах,
- б) повышения стоимости топлив за счет расходов на перевозку,
- в) весьма значительных потерь топлив при перевозках.

Поэтому радиус действия газогенераторных автомобилей должен определяться пробегом их на одной заправке, т. е. на расстояние 70—120 км от места производства топлива (а следовательно, и заправки автомобилей).

Увеличение этого радиуса возможно за счет рациональной организации производства и снабжения топливом автомобилей, т. е. организации соответствующих предприятий через каждые 60—80 км в районах и на трассах работы газогенераторных автомобилей.

## Глава 15

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

1. В настоящей работе рассмотрены возможности и условия эффективного применения на автомобильном транспорте различных видов местного топлива.

2. На основе анализа особенностей газификации различных видов топлива установлены четыре принципиальных схемы газогенераторных установок для автомобилей и даны технические условия на топливо для них.

3. Детально рассмотрены вопросы экономики применения газогенераторных и газобаллонных автомобилей, работающих на различных видах местного топлива.

При этом в качестве исходных принимались следующие положения:

- а) необходимость ориентации автотранспорта на наиболее качественные виды местного топлива с тем, чтобы предупредить



преждевременный выход автомобилей из строя и обеспечить наиболее высокие показатели их использования;

б) необходимость потребления топлива в местах его производства (добычи) с тем, чтобы сократить до минимума перевозки.

4. В результате анализа различных видов местного топлива выделена группа топлив, применение которых наиболее целесообразно для нужд автотранспорта как по эксплуатационно-техническим, так и по экономическим показателям. К ним относятся сжиженные и природные газы, полукоксы, брикеты древесного угля и древесная чурка.

5. Рациональное использование газогенераторных и газобаллонных автомобилей требует районирования их по видам потребляемого топлива в зависимости от общей структуры топливных ресурсов СССР и топливно-энергетической характеристики каждого района. Проведенные в этом направлении исследования позволили сделать следующие выводы:

а) дальнейший рост автомобильного парка, работающего на заменителях нефтяного бензина, не может происходить только за счет древесночурочных газогенераторных автомобилей. Необходимо ограничить распространение этого вида газогенераторов областями центра и севера европейской части СССР, а также центральными и восточными областями азиатской части СССР, где преобладают наиболее пригодные для использования в качестве газогенераторного топлива древесные породы;

б) возможными районами концентрации газогенераторных автомобилей, работающих на древесном угле, могут быть районы древесноугольной металлургии, где имеются отходы, являющиеся высококачественным топливом для непосредственного применения в газогенераторах и сырьем для брикетирования;

в) для газогенераторных автомобилей, работающих на торфе, пригоден только малозольный торф верхового типа, расположенный, главным образом, в северных областях европейской и азиатской части СССР (Архангельская, Вологодская, Омская, Свердловская, Ленинградская, Калининская, Ивановская, Московская области и Коми АССР);

г) газогенераторные автомобили, работающие на буром угле, могут быть размещены в Казахской, Узбекской и Таджикской ССР, на Урале, в Забайкалье, районах крайнего северо-востока и на Дальнем Востоке;

д) качество искусственных твердых топлив (брикетированное топливо и полукоксы) непосредственно связано с качествами исходных естественных топлив. Поэтому районы производства и применения их на автотранспорте совпадают с районами размещения соответствующих исходных топлив.

6. Несмотря на дешевизну газогенераторных топлив, стоимость эксплуатации газогенераторных автомобилей в настоящее время выше, чем бензиновых, вследствие:

а) несовершенства существующих конструкций газогенераторных установок, приводящего к понижению производительности ра-

боты газогенераторных автомобилей за счет снижения мощности двигателя, грузоподъемности и скорости движения;

б) увеличения расходов на содержание газогенераторных автомобилей в связи с более высокой стоимостью технического обслуживания и ремонта;

в) неосвоенности эксплуатации газогенераторных автомобилей.

Однако, несмотря на более высокую стоимость эксплуатации газогенераторных автомобилей, применение их целесообразно вследствие:

а) необходимости максимальной экономии нефтяных топлив, главным образом бензина. Каждый грузовой автомобиль ЗИС, переведенный с бензина на газ, экономит около 8 т бензина в год, а грузовой автомобиль ГАЗ — около 5 т;

б) необходимости максимального использования местных топлив, что позволит освободить железнодорожный и другие виды транспорта от перевозки нефтетоплив на огромные расстояния;

в) необходимости обеспечения работоспособности автопарка отдаленных от нефтяных источников районов страны, в частности районов, в которые по особым географическим условиям трудно или невозможно регулярно доставлять бензин (районы, удаленные от железнодорожных и водных путей сообщения).

7. Применение газогенераторных автомобилей может быть рентабельным как с экономической, так и с эксплуатационно-технической стороны. Для этого необходимо:

а) улучшить конструкцию существующих установок, доведя конструктивные и эксплуатационные качества газогенераторных автомобилей до уровня стандартных бензиновых;

б) разработать и широко внедрить газогенераторные установки прямого и горизонтального процесса газификации, имеющие преимущества перед установками, работающими по обращенному процессу (простота конструкции, меньший вес, меньшая стоимость, повышение производительности работы автомобиля за счет уменьшения его мертвого веса);

в) запретить работу газогенераторных автомобилей на топливах, не соответствующих установленным требованиям; организовать снабжение автопарка топливами соответствующих кондиций при минимальной стоимости одной тонны (в первую очередь топливами I и II групп и полукоксом III группы).

8. Газобаллонные автомобили имеют более высокие технические и экономические показатели работы, чем газогенераторные автомобили. Однако производительность их ниже, а себестоимость эксплуатации выше, чем бензиновых автомобилей соответствующих типов. Это в значительной степени определяется несовершенством конструкций газобаллонных автомобилей и неосвоенностью их эксплуатации. Газобаллонные автомобили, работающие на сжиженном и высококалорийном природном газе, имеют уже в настоящее время все необходимые предпосылки для высокоэффективной работы.

9. Необходимо комплексное решение вопроса о применении заменителей нефтяного бензина на автотранспорте с учетом потребности в топливе не только автомобильных, но и тракторных и стационарных двигателей. При этом следует учесть, что автомобильные двигатели предъявляют наиболее высокие требования к качеству потребляемого ими топлива и что перевод их на генераторный газ вызывает нежелательные изменения в конструкции автомобилей, приводящие, как правило, к снижению их эксплуатационных качеств. В связи с этим требуется срочно разрешить вопрос о типаже автомобилей, подлежащих переводу на газогенераторное топливо, и разработать новые конструкции газогенераторных автомобилей.

10. Перевод современных двигателей на генераторный газ требует применения новых методов повышения их мощности (в частности применения наддува и др.). Однако до настоящего времени не разработаны конструкции газогенераторных установок для отечественных автомобилей новых типов.

Целесообразно в дальнейшем создание специальной серии газовых двигателей, рассчитанных на применение как газогенераторного, так и газообразного топлива, и установление специальных типов газогенераторных и газобаллонных автомобилей с более высокими эксплуатационными качествами. Приведенный выше анализ данных по эксплуатации газогенераторных автомобилей ГАЗ-42 и ЗИС-21 показывает необходимость замены их более совершенными конструкциями.

11. Важнейшим условием эффективного применения заменителей бензина на автотранспорте СССР является координированное решение всех вопросов, связанных с организацией заготовки топлива и снабжения им автотранспорта, производством газогенераторных и газобаллонных установок, рациональным их конструированием и правильной эксплуатацией газогенераторных и газобаллонных автомобилей.

12. Решение всего этого комплекса вопросов непосредственно вытекает из задач, поставленных перед автотранспортом нашей страны пятилетним планом восстановления и развития народного хозяйства СССР.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. И. В. Сталин. Вопросы ленинизма, изд. 11-е.
2. И. В. Сталин. Речи на предвыборных собраниях избирателей Сталинского избирательного округа г. Москвы. Госполитиздат, 1946 г.
3. Закон о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946—1950 гг. Политиздат, 1946 г.
4. Закон о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства РСФСР на 1946—1950 гг. ОГИЗ, 1946 г.
5. Вейц, Золотарев, Пробст и Руссаковский. Энергетические ресурсы СССР. Сборник «Энергетические ресурсы СССР», т. 2, 1938 г.
6. Акад. Е. А. Чудаков. Необходимо расширить ресурсы автомобильного топлива. Журн. «Автомобиль» № 7—8, 1945 г.
7. Проф. Н. Некрасов. Заменители нефтепродуктов. Госпланиздат, 1943 г.
8. Проф. Н. Некрасов. Новые виды топлива. Госпланиздат, 1942 г.
9. Я. Зенкис. Местные топливные ресурсы и экономное использование топлива. Госпланиздат, 1942 г.
10. М. С. Бурков. Автомобильный транспорт на местное топливо. Сборник «Газогенераторные автомобили». Изд. Наркомхоза, 1943 г.
11. Акад. И. П. Бардин. Перспективы развития древесноугольной металлургии на Урале. Изд. Академии наук СССР, 1946 г.
12. Общая химическая технология топлива под редакцией С. В. Кафтanova. Госхимиздат, 1941 г.
13. Проф. Д. В. Гинзбург. Газификация топлива и газогенераторные установки, часть 1. Гизлегпром, М—Л, 1938 г.
14. П. Лаптев. Внедрение газогенераторов в народное хозяйство. Журн. «Плановое хозяйство» № 5, 1941 г.
15. А. К. Шубников. Проблема топлива на железнодорожном транспорте. Трансжелдориздат, 1946 г.
16. Канд. техн. наук М. И. Кишинский и инж. А. И. Скерджев. Анализ развития газогенераторных автомобилей. Автомобильная лаборатория Академии наук СССР, 1946 г.
17. Канд. техн. наук К. И. Генкин. Анализ развития газобаллонных автомобилей и перспективы их применения в СССР. Автомобильная лаборатория Академии наук СССР, 1947 г.
18. Г. Г. Токарев. Перспективы развития газогенераторных автомобилей в СССР. Журн. «Автомобиль» № 7—8, 1945 г.
19. С. Г. Коссов. Перспективы развития автотракторного газогенераторостроения в СССР. Журн. «Автотракторное дело» № 10, 1940 г.
20. В. Я. Бохман. Новые изобретения в области транспортных газогенераторных установок. Госпланиздат, 1940 г.
21. В. П. Карпов и Н. Н. Фокин. Автотранспортные газогенераторные установки. Изд. Наркомхоза, 1938 г.
22. С. Г. Коссов. Автотракторные газогенераторные установки. Машгиз, 1941 г.
23. Н. Э. Рамбуш. Газогенераторы. ГОНТИ, 1939 г.
24. Сборник под ред. А. К. Шубникова «Экономия топлива». Институт технико-экономической информации Госплана, 1940 г.
25. Н. П. Павловский, С. Ф. Орлов. Автомобильно-тракторные газогенераторные установки. Гослестехиздат, 1939 г.

26. Б. М. Черномордик. Теория и расчет транспортных газогенераторов. Машгиз, 1943 г.
27. В. П. Линчевский. Топливо и его сжигание. ГОНТИ, 1938 г.
28. Г. Л. Стадников. Химия угля. Госхимтехиздат, 1933 г.
29. А. И. Скерджев. Развитие и распространение газогенераторных автомобилей в разных странах. «Техническая информация НАТИ», № 1, 1944 г.
30. ЦНИИАТ. Отчет по теме № 12, 1945 г. Научный архив ЦНИИАТ, инв. № 144.
31. ЦНИИАТ. Отчет по теме № 9, 1943 г. Научный архив ЦНИИАТ.
32. Н. Н. Сперансов. Справочник для потребителей нефтепродуктов. Гос-топтехиздат, 1940 г.
33. М. Д. Артамонов. Автотракторные газогенераторы. Сельхозгиз, 1937 г.
34. И. И. Грибанов. Газогенераторное топливо. Сельхозгиз, 1942 г.
35. Т. В. Хованский и М. С. Немирович-Данченко. Организация и эксплуатация топливо-заготовительных пунктов на газогенераторных базах. Гослестехиздат, 1940 г.
36. Т. В. Хованский и Б. Н. Стогов. Заготовка газогенераторного топлива, Гослестехиздат, 1945 г.
37. В. К. Иванов и А. Ф. Тиайн. Дрова как топливо и сырье для химической переработки. Гослестехиздат, 1935 г.
38. П. Л. Калашников (ЦНИИМЭ). Естественная сушка древесины для газогенераторного топлива. Журн. «Лесная индустрия» № 4, 1940 г.
39. ЦНИИМЭ. Организация древесно-топливного хозяйства газогенераторных баз для верхних и нижних складов. Отчет по теме № 25. Архив ЦНИИМЭ, 1941 г.
40. Древесина как газогенераторное топливо. Журн. «Лесохимическая промышленность» № 8, 1939 г.
41. С. В. Вальчак. Древесный уголь для автомобилей. Изд. Наркомхоза, 1945 г.
42. Бергстрем и Вислен. Углежжение, 1928 г.
43. ЦНИИАТ. Отчет по теме № 10. Технические условия на древесный уголь как автомобильное топливо. Научный архив ЦНИИАТ, инв. № 151, 1945 г.
44. Главное управление лесной промышленности НКЧМ. Инструкция по углежжению для лесных предприятий НКЧМ. Metallургиздат, Свердловск, 1942 г.
45. И. А. Меньшиков (ЦНИИМЭ). Технические требования на древесный уголь для газогенераторов автотракторного типа. Журн. «Мотор» № 4—5, 1940 г.
46. Г. Г. Токарев (ЦНИИАТ). Техничко-экономическое обоснование развития и применения в СССР древесно-угольных газогенераторных автомобилей. Отчет по теме № 8, 1944 г.
47. ЦНИИМЭ. Технический проект по организации древесно-угольного хозяйства для автотранспортных баз. Отчет по теме № 42. Архив ЦНИИМЭ, 1940 г.
48. Проф. Халкиопов. Применение торфа в автотракторных газогенераторах. Лениздат, 1945 г.
49. С. Н. Тюремнов. Торфяные месторождения. ГОНТИ нефтяной и горно-топливной литературы, 1940 г.
50. Проф. В. Г. Горячкин. Производство торфяного топлива, часть 1. Госэнергоиздат, 1940 г.
51. М. А. Веллер, П. А. Ефимов, В. Я. Антонов, В. В. Блюменберг. Производство торфяного топлива, часть 2. Госэнергоиздат, 1941 г.
52. ЦНИИАТ. Инструкция по переоборудованию стандартных автомобилей ГАЗ-42 и ЗИС-21 для работы на торфяных брикетах и обычных древесных чурках. Научный архив ЦНИИАТ, инв. № 113, 1944 г.
53. С. В. Вальчак. Применение торфобрикетов. Журн. «Автомобиль» № 4—5, 1943 г.
54. Фокин. Торф как автомобильное топливо. Журн. «Автомобиль» № 5—6, 1942 г.
55. А. Балабанов и А. Соколов. Торф как топливо для транспортных газогенераторов. Журн. «Автомобиль» № 3, 1941 г.
56. И. И. Долидович. Торф как топливо для автотракторного двигателя. Журн. «Мотор» № 4, 1939 г.
57. М. В. Канторов. Торф как топливо для легких газогенераторов. Журн. «Мотор» № 10, 1938 г.

58. Сидякин. Сушка и уборка кускового торфа. Издательство горно-топливной и геолого-разведочной литературы, 1939 г.
59. А. Баусин. О механизации торфяной промышленности в четвертом пятилетии. Журн. «Торфяная промышленность» № 2, 1947 г.
60. Проф. В. Р. Вильямс. Бурные угли СССР. ОНТИ, 1934 г.
61. А. И. Карелин. Состав и качество топлив СССР. Изд. НКЭП СССР, 1940 г.
62. В. Мамин. Бурый уголь как автомобильное топливо. Журн. «Автомобиль» № 10—11, 1945 г.
63. С. Карякин. Испытание газогенераторной установки НАТИ Г-59-У на буром угле. Журн. «Автомобиль» № 9—10, 1944 г.
64. Г. Жидовцев. Буроугольная установка для автомобилей ГАЗ-АА. Журн. «Автомобиль» № 7—8, 1943 г.
65. С. Лейзерах. Пробег автомобилей на буром угле. Журн. «Автомобиль» № 2, 1941 г.
66. Н. Касилов. Газификация бурого угля в транспортных газогенераторах. Журн. «Автомобиль» № 1, 1941 г.
67. Фейгельман. Об углях Средней Азии. Труды Узбекского филиала Академии наук СССР, серия 7—«Химия», вып. 1.
68. НИИЖД. Н. М. Воробьев. Топливо и его испытание в деповской лаборатории. Трансжелдориздат, 1940 г.
69. Н. М. Пятнышкин, В. Г. Кожевников, В. Г. Перков (Укр. НИИМВТ). Сжигание бурых углей УССР. Труды «Украинстоплива», вып. I (7). Укргизместпром, Киев, 1940 г.
70. НКПС. Руководство работникам угольных эстакад. Трансжелдориздат, 1944 г.
71. НАТИ. Отчет по предварительным испытаниям бурых и каменных углей в транспортных газогенераторных установках. Научный архив НАТИ, инв. № 2229, 1940 г.
72. НАТИ. Краткие результаты испытания автомобиля ЗИС с газогенераторными установками, имеющими упрощенные камеры газификации, приспособленные для работы на буром угле, торфе и древесных чурках. Научный архив НАТИ, инв. № 3145, 1942 г.
73. Б. И. Анисимов. Антрацит как топливо для транспортных газогенераторов. Сборник научных работ НАТИ, 1938 г.
74. С. Г. Коссов. Газогенераторные автомобили, работающие на антраците. Журн. «Мотор» № 8, 1940 г.
75. ЦНИЛХИ. Салтыков. Разработка методов получения древесноугольных брикетов. Научный архив ЦНИЛХИ, тема № 2, 1940 г.
76. П. П. Павловский. Использование древесноугольных брикетов ликрита в транспортных газогенераторах. Сборник материалов научно-технической конференции при Свердловском НИТОлес, 1940 г.
77. А. В. Пиотровский (УкрНИТОлес). Опыт работы газогенераторных автомашин ЗИС на сыром древесном топливе и на буроугольных брикетах. Журн. «Лесная индустрия» № 12, 1939 г.
78. Проф. К. И. Ногин. Сухая перегонка дерева. Гослестехиздат, 1936 г.
79. А. С. Крендель (НАТИ). О работе газогенераторных автомобилей и тракторов с применением в качестве топлива древесноугольных брикетов. Журн. «Лесохимическая промышленность» № 8, 1939 г.
80. Ливеровский и Кривохатский. Комплексное использование угольной мелочи и древесной смолы. (Опыт НИСЛТА им. Кирова). Журн. «Лесохимическая промышленность» № 4, 1939 г.
81. В. С. Каминский. Лигниновые брикеты для транспортных газогенераторов. Журн. «Лесохимическая промышленность» № 3, 1939 г.
82. Я. Б. Левитский и А. З. Френкель. Брикетное топливо для транспортных газогенераторов. Журн. «Лесная индустрия», 1940 г.
83. А. А. Ливеровский, Н. П. Хохлович, В. Д. Белоусов. Испытание газогенератора на древесноугольных брикетах — ликрите. Журн. «Лесная индустрия» № 4, 1940 г.

84. НАТИ. Отчет по испытанию древесноугольных брикетов, как топлива для транспортных газогенераторов, на автомобиле ГАЗ-АА с газогенераторной установкой НАТИ Г-21. Научный архив НАТИ, арх. № 1787, 1940 г.
85. Г. И. Меркулов. Древесноугольные брикеты как топливо для транспортных газогенераторов. Журн. «Мотор» № 8, 1940 г.
86. А. К. Славянский, В. М. Тыщевский и П. А. Есаулов. Пиролиз древесины для транспортных газогенераторов. Журн. «Лесохимическая промышленность» № 11, 1939 г.
87. Фокин, Зимин, Вальчак (ЦНИИАТ). Использование брикетов из автомобильного торфа в стандартных газогенераторных автомобилях. Научный архив ЦНИИАТ, инв. № 89, 1942 г.
88. Трест «Торфопродукты». Коксование и применение торфяного кокса в промышленности, 1931 г.
89. А. Соколов и А. Балабанов. Газогенераторы для брикетированного кускового торфа. Журн. «Автомобиль» № 9, 1945 г.
90. НИИГТ. Отчет об испытаниях газогенераторного автомобиля ЗИС-21 на торфобрикетах. Научный архив ЦНИИАТ, инв. № 38, 1941 г.
91. Н. Н. Богданов. Кустарные способы коксования торфа. Гизместпром, 1942 г.
92. Г. Г. Токарев (НАТИ). Применение неосвоенных видов твердых топлив для транспортных газогенераторов (антрацит, торфококс). Научный архив НАТИ, арх. № 1621, 1937 г.
93. Н. И. Прохоров. Брикетирование торфа. Журн. «Торфяная промышленность» № 2, 1942 г.
94. Брикетирование. «Советская техническая энциклопедия», том 2.
95. А. В. Пожежинский. Брикетирование углей — дело большой важности. Журн. «Уголь» № 3, 1945 г.
96. А. В. Пожежинский. Вопросы развития углебрикетного производства. Журн. «Уголь» № 11, 1945 г.
97. С. С. Зимоненко. Автомобильные газогенераторные установки, работающие на полукоксе. Техническая информация НАТИ, № 1, 1944 г.
98. ЦНИИАТ. Отчет по дорожным испытаниям автомобиля ГАЗ-УГ-1 при работе на журиновском полукоксе. Научный архив ЦНИИАТ, отчет по теме № 7-Д, инв. № 120, 1944 г.
99. НАТИ. Отчет о работе по исследованию газификации каменноугольного полукокса в газогенераторах НАТИ-Г-26 прямого процесса. Научный архив НАТИ, арх. № 3323, 1945 г.
100. С. И. Панченко (ВУХИН). Оценка коксующихся углей по обогатимости. Журн. «Уголь» № 10, 1945 г.
101. ЦНИИАТ. Отчет по дорожным и лабораторным испытаниям газогенераторного автомобиля ЗИС-АГ-2. Отчет по теме 19-Д. 1947 г. Научный архив ЦНИИАТ, арх. № 186.
102. Повышение реактивности кокса. Журн. «Новости техники» № 10, 1946 г.
103. К. Н. Витт. Опыт брикетирования соломы как топлива для газогенераторных двигателей. Труды Азово-черноморского института механизации сельского хозяйства, вып. 2, 1939 г.
104. Л. М. Ярошевский. Работа газогенераторных тракторов на брикетированной соломе. Труды Азово-черноморского института механизации сельского хозяйства, вып. 2, 1939 г.
105. Л. К. Коллеров. Газификация растительных отходов. «Вестник инженеров и техников» № 5, 1938 г.
106. Л. К. Коллеров. Солома как топливо для газогенераторов. Журн. «Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства» № 10—11, 1938 г.
107. Б. П. Тимофеев. Использование лесорубочных остатков и очистка мест лесорубок. Гослестехиздат, 1942 г.
108. Ю. В. Михайловский. Испытание транспортных газогенераторов на смешанном топливе и саксауле. Журн. «Лесная индустрия» № 12, 1939 г.
109. Г. Ф. Кулябин. Отходы лесозаготовок — топливо для газогенераторов. Журн. «Лесная индустрия» № 1, 1940 г.

110. Г. И. Самоль. Газобаллонные автомобили. Изд. Наркомхоза, 1945 г.
111. К. И. Генкин. Автомобили на сжиженном газе. Машгиз, 1945 г.
112. В. И. Анохин. Советские автомобили. Справочник ГОНТИ машиностроительной литературы, 1947 г.
113. М. Х. Шахназаров и В. Н. Раабен. Справочник по естественному нефтяному газу. ГОНТИ, 1939 г.
114. М. Х. Шахназаров и В. Н. Раабен. Справочник по газобензину. ГОНТИ, Баку, 1939 г.
115. Л. Э. Гуревич. Техничко-экономические основы производства заменителей автомобильных топлив. ЦНИИАТ, 1947 г.
116. Л. А. Бронштейн. Применение заменителей бензина на автотранспорте. Научный архив ЦНИИАТ, 1943 г.
117. Л. А. Бронштейн и Б. Ф. Найденов. Районирование автомобильного транспорта по видам потребляемого топлива. ЦНИИАТ, 1946 г.
118. ЦНИИАТ. Отчет о работе 2-ой научной конференции. ЦНИИАТ, 1947 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	3
Глава 1. Краткий очерк развития газогенераторного автотранспорта . . . . .	6
Глава 2. Особенности газификации топлив в автомобильных газогенераторах и общие требования к газогенераторному топливу . . . . .	8
Глава 3. Древесные чурки, как автомобильное газогенераторное топливо . . . . .	13
Глава 4. Древесный уголь, как топливо для газогенераторных автомобилей . . . . .	29
Глава 5. Торф, как топливо для газогенераторных автомобилей . . . . .	50
Глава 6. Бурый уголь, как автомобильное газогенераторное топливо . . . . .	63
Глава 7. Каменный уголь и антрацит, как топливо для газогенераторных автомобилей . . . . .	71
Глава 8. Искусственное твердое топливо . . . . .	78
А. Полукокс и кокс ископаемых твердых топлив . . . . .	78
Б. Бурая древесина . . . . .	91
В. Брикетирование топлив . . . . .	93
Глава 9. Отходы лесного и сельского хозяйства . . . . .	110
Глава 10. Сравнительная технико-эксплуатационная оценка различных видов газогенераторного топлива и условия эффективного применения их на автотранспорте . . . . .	115
Глава 11. Краткий очерк развития газобаллонного автотранспорта . . . . .	131
Глава 12. Сжиженные газы, как топливо для автомобилей . . . . .	136
Глава 13. Сжатые газы, как топливо для автомобилей . . . . .	142
Глава 14. Реентабельность применения местных видов топлива на автотранспорте . . . . .	152
Глава 15. Заключение и выводы . . . . .	171
Использованная литература . . . . .	175