

ДРОВА — АВТОМОБИЛЬНОЕ ТОПЛИВО БУДУЩЕГО

«...лучше подвергнуть долгому испытанию однажды открытую истину, лишая ее заслуженного внимания, чем допустить легкомысленного признания всего, что создается пылким воображением человека».

Ж. Б. Ламарк.

В статье подробно рассмотрены: эволюция конструктивного развития транспортных газогенераторных установок, перспективы и методика их эффективного применения в России и в странах СНГ, особенно в лесозаготовительном и аграрном секторах. Проведен анализ современных технологий газификации твердых топлив, рассмотрены компоненты современных газогенераторных установок и выделены основные направления работ по их дальнейшему совершенствованию.

1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Как известно, первый автомобиль имел паровой двигатель, однако мир он завоевал только после того как обрел двигатель, работающий на бензине. Периодические попытки заменить бензин твердым, жидким синтетическим или натуральным топливом не колебали его позиций.

В настоящее время во многих странах, включая наиболее развитые (прежде всего импортирующие нефть) активизировались работы по развитию технологий использования местных и возобновляемых источников энергии. Биомасса в форме древесных или сельскохозяйственных остатков в этом случае наиболее доступна. Исследования ведутся в направлении создания и усовершенствования оборудования для термохимической конверсии растительной биомассы. Причем основные усилия направлены на создание компактных установок для транспортных средств. Необходимость развития этого направления обусловлена повышением энергетических потребностей человечества с одной стороны и исчерпанностью запасов ископаемых топлив с другой. Кроме этого, как известно, существуют экологические проблемы, обусловлен-

ные ростом мирового автотракторного парка. Развитие этих технологий особенно актуально для России с её огромными запасами таких видов биотоплива, как отходы лесозаготовки и деревообработки, биомасса растений, торф, каменный и бурый уголь.

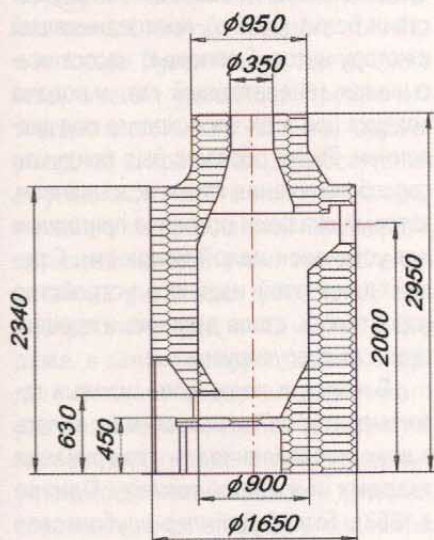
К сожалению, в настоящее время работы по созданию автомобильных газогенераторов практически не ведутся на территории стран содружества, хотя совершенствование и всестороннее изучение этих технологий является, по мнению авторов, крайне актуальным.

Транспортный газогенератор и автомобиль – почти ровесники. Но история газогенератора начинается значительно раньше. Когда начали строить транспортные газогенераторы, традиции стационарной техники были полностью перенесены на новую установку, надолго определив характер ее развития. Способы охлаждения и очистки газа, теория процесса, методика теплового расчета, оптимальные соотношения основных размеров – все, что было получено в результате опыта почти вековой эксплуатации, было использовано при конструировании новых машин.

Такая преемственность имела как свои положительные, так и отрицательные стороны. Специфические требования к транспортным газогенераторам (малые габариты, неустойчивость процесса газификации, переменный режим и необходимость более тщательной очистки и охлаждения газа) очень скоро заставили конструкторов выйти за рамки стационарной техники. Ряд вопросов,



Рис. 1. Газогенератор Бишофа



связанных с переводом двигателей с жидкого топлива на генераторный газ, потребовал дополнительных нестандартных решений. Однако сама методология расчета и конструирования автомобильных газогенераторных установок существенно не менялась с середины прошлого века. Она уже морально устарела и требует всестороннего анализа и доработки для дальнейшей конструктивной оптимизации газогенераторов.

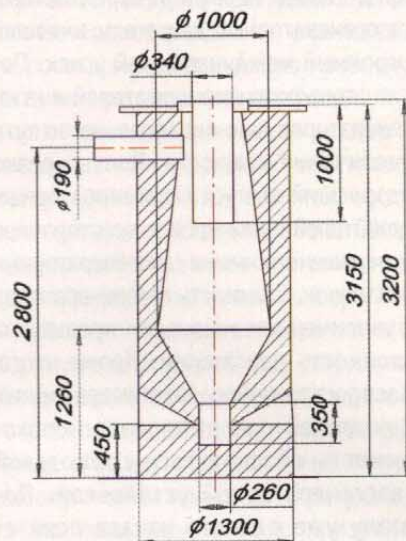
Интересно исследовать историю конструктивного развития стационарных, силовых и транспортных газогенераторных установок, чтобы определить направления для их дальнейшей оптимизации.

2. СТАНОВЛЕНИЕ И КОНСТРУКТИВНОЕ РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ

Еще в средние века было замечено, что при ограничении доступа воздуха под угольный слой из твердого топлива получается газ. Этот газ может быть сожжен после выделения его из топлива путём подвода вторичного воздуха. Газодобыывание и собственно газогенератор, однако, возникли только тогда, когда использование газа было полностью отделено от процесса добыывания.

Создателем первого газогенератора принято считать французского инженера Филиппа Лебона, родившегося в Браше 29 мая 1767 г. Однажды, в 1788 г., бросив горсть древесных опилок в стоявший перед ним на огне сосуд, Лебон увидел, что из сосуда поднялся

Рис. 2. Газогенератор Эбельмана



густой дым, который вспыхнул на огне и дал яркое светящееся пламя. Лебон понял, что случай помог ему сделать открытие чрезвычайной важности. Продолжая свои опыты, он создал в миниатюре первый газовый завод, на постройку которого в 1799 г. получил патент. Он принялся за дело с величайшей энергией, разрабатывая проекты самого разнообразного использования генераторного газа. Был придуман проект газового двигателя, на который Лебон в 1801 г. получил патент. Этот двигатель должен был работать по принципу парового двигателя. Вместо пара подавался газ, зажигаемый поочередно по ту и другую сторону поршня. После трагической гибели Лебона в декабре 1804 г. его работы были продолжены В. Мурдохом в Англии и С. Минкедерсом в Бельгии.

В первые десять лет XIX века число полученных в Англии и Франции па-

тентов на газогенераторные установки и двигатели было совсем незначительным. Ни одна из изобретенных установок этого рода не нашла практического применения, хотя в общих чертах они были близки к последующим разработкам. Особо стоит отметить интересные работы французов Фабер де Фор и Оберто (1837–1839). Они предложили пользоваться колосниковыми газами доменных печей для нагревательных целей. Их опыты относились скорее к работам по утилизации отходов доменного процесса и могут рассматриваться лишь как рационализаторские мероприятия. Хотя они были весьма близки к идее самостоятельной газогенераторной установки.

Вероятно, первый промышленный газогенератор был построен в начале 1839 г. в Лаухгаммере инженером Бишофом. По данным самого Бишофа, он пытался создать пламенную печь с полугазовой топкой. Бишоф хотел достичь экономии в расходовании кокса и угля путём обращения необработанного топлива (в первую очередь торфа) непосредственно в газ, чтобы использовать его для плавильного процесса. На рис. 1 показан усовершенствованный газогенератор Бишофа, применявшийся им в Мегдешпрунге в 1844 г. Устройство представляло собой простой шахтный генератор.

В газогенераторе, построенном в 1840 г. в г. Аудикурт (Австрия) на заводе С.-Стефан инженером Эбельманом, впервые был применен принцип обратного горения (рис. 2). Впоследствии этот принцип получил широкое распространение на транспортных установках. Эбельман чрезвычайно удачно

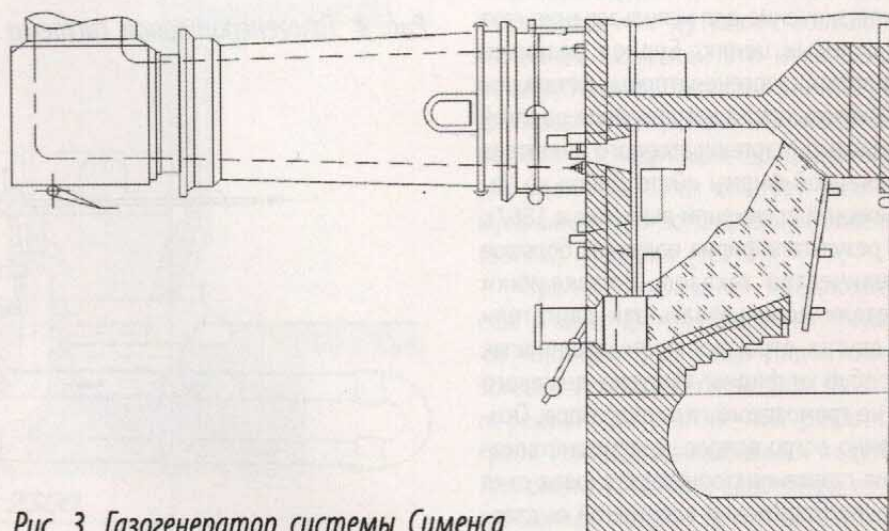


Рис. 3. Газогенератор системы Сименса



разрешил вопрос о разложении паров воды и сжигании смолистых веществ, которые образуются при газификации древесного топлива. Однако появление первого газогенератора промышленного типа и прочное внедрение его в заводскую практику произошло после изобретения регенеративной печи Ф. Сименсом в 1856 г. (рис. 3). Ф. Сименс в сотрудничестве со своим братом В. Сименсом сумел дать своей идее настолько совершенное для того времени практическое оформление, что газогенератор, названный его именем, получил почти повсеместное распространение за последующие 40–50 лет. Изобретенный Сименсом газогенератор стал необходимым элементом стеклоплавильных, пудлинговых, сталеплавильных (Сименс-Мартеновских), сварочных и нагревательных печей, работающих на основе регенеративного принципа.

Стоит отметить также такие важные конструктивные усовершенствования газогенератора, как косяя реторта Гребе-Лермана (1877 г.) и газогенераторы Незе (1878 г.) и Ольшевского (1880 г.). По сути, они представляли собой газогенераторы с обратным горением. Но их конструкция приводила к полному разложению дистилляционных составных частей генераторного газа. На практике они применялись редко, так как для печного отопления разложение дистилляционных составляющих не было необходимым, а разложение смол было желательно лишь для уменьшения нагара.

Только после появления газомоторов Лангена-Отто (1867 г.) и усовершенствований газогенераторов Твайдом (1880 г.) и Сетзерлендом (1883 г.) последние получили большое значение для использования газа в силовых целях. Бурное развитие силовых газогенераторных установок началось после награждения золотой медалью газогенераторного двигателя немецкой фирмы «Отто Дейц» на Парижской всемирной выставке в 1867 г. В результате фирма получила большое количество заказов. Но заказчики хотели использовать эти двигатели в других отраслях промышленности, требуя от фирмы выпуска дешевого и не громоздкого газогенератора. Особенно остро вопрос усовершенствования газогенераторных установок стал после Парижской всемирной выстав-

ки 1878 г. Фирмой «Отто Дейц» был представлен первый четырехтактный газогенераторный двигатель, имевший огромный международный успех. После этого развитие двигателей и газогенераторов шло параллельно по пути увеличения мощности. Причем резко возросший выпуск газогенераторных двигателей инициировал всестороннее усовершенствование газогенераторных установок. Стоимость газогенераторов с увеличением мощности превышала стоимость двигателей. Кроме этого, распространению газогенераторных двигателей препятствовала необходимость обзаводиться громоздкой газогенераторной установкой. Поэтому уже с самого начала появления двигателей внутреннего сгорания зародилось стремление к созданию легких, удобных и простых газогенераторов. Таким образом, развитие двигателей внутреннего сгорания шло параллельно с развитием стационарных газогенераторов, эти процессы дополняли друг друга, эволюция одного стимулировала эволюцию другого. Решающими в этом развитии были работы Даусона (1883 г.), впервые создавшего концепцию сочетания газогенератора и двигателя внутреннего сгорания в одной установке, которую можно было применить на практике. (рис. 4) Значение этой работы было столь велико, что в течение какого-то времени генераторный газ назывался газом Даусона.

Воспользовавшись опытами Даусона, завод Крослей в 1889 г., а за ним и Отто-Дейц взялись за разработку установки, сочетающей газогенератор с двигателем. Обе эти фирмы были

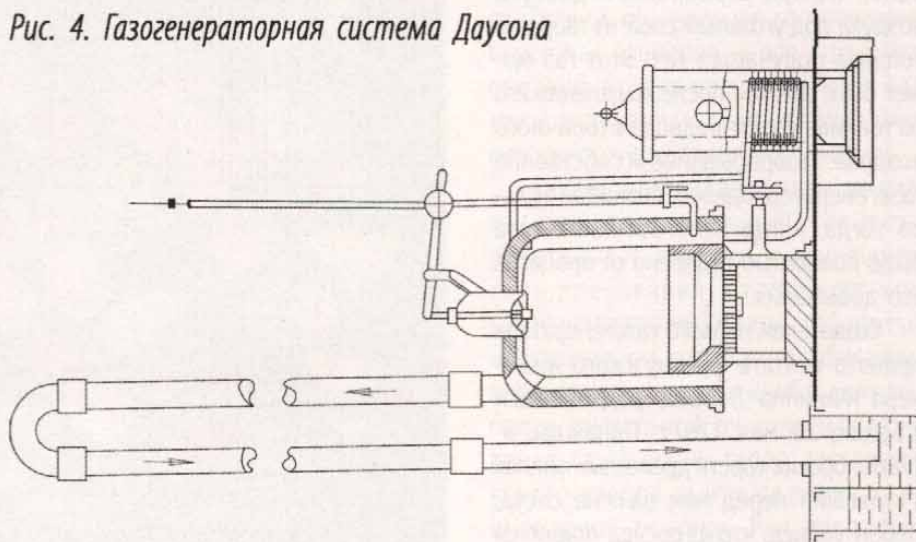
пионерами в применении газ-моторов. Существенное нововведение осуществил Бенье (1892 г.), присоединивший к мотору насос. С помощью насоса всасывался генераторный газ, и подача воздуха при этом происходила под давлением. Таким образом, был придуман способ получения газа с всасыванием, который оказался особенно пригодным для установок малой мощности. С реализацией этой идеи все устройство упростилось, стало дешевле, и процесс стал саморегулируемым.

С момента появления силовых газогенераторов их разработка велась в двух направлениях – газификация твердых и жидких топлив. Однако в 1883 г. Готлиб Даймлер опубликовал два патента. Один из патентов был на простейший газогенератор жидкого топлива под названием «Калильная трубка для зажигания горючей смеси в моторе», другой – на мотор для экипажа, где эта калильная трубка была уже усовершенствована до прибора. Прибор был назван карбюратором и впоследствии получил широчайшее распространение. В усовершенствованном виде разработка Даймлера используется до сих пор, являясь, по сути, газогенератором для жидких топлив.

В последующие 15 лет разработки автомобильных газогенераторов для газификации твердых топлив были практически полностью прекращены.

На выставке в 1892 г. в Париже О. Дизель представил свой новый двигатель, непосредственно использовавший твердое топливо в высокодисперсном состоянии. Подавляющее большинство исследовательских ра-

Рис. 4. Газогенераторная система Даусона





бот после этого было сосредоточено на разработке технологии использования измельченного твердого топлива в моторах. Путем очень тщательного измельчения удавалось превратить топливо в столь тонкую пыль, что скорость её сгорания была достаточно высока, а стоимость получения приемлемой. Неразрешимой проблемой, вставшей на пути этого направления развития дизельных двигателей, стала проблема удаления золы. Золы даже в самых лучших сортах твердого топлива содержится во много раз больше, чем в любом жидком топливе. Присутствие в золе каменных углей, соединений железа и кремния, сплавляющихся в твердые силикаты, способствовало быстрому накоплению в цилиндре двигателя шлифовального порошка. Образующийся при этом порошок не удавалось удалить ни самым энергичным продуванием, ни промывкой. Непрерывное истирание стенок цилиндра и поршня, а также проникновение золы в картер приводило к быстрому износу наиболее ответственных деталей и выходу двигателя из строя. Подобная же картина наблюдалась при попытках сжигать коллоидальный раствор угля и нефти.

С тем лишь отличием, что меньшее содержание твердого компонента в горючем пропорционально уменьшало скорость износа. Возникшую проблему пытались решить путем изготовления гильзы цилиндра двигателя из сверхтвердых или специально обработанных материалов, а также поиском соответствующего состава топлива. Были предприняты попытки измельчения дерева в порошок, пригодный для непосредственного использования его в двигателе внутреннего сгорания. Но технология не получила широкого распространения, т.к. получаемый таким образом порошок имел очень высокую себестоимость. В результате это направление было признано тупиковым, а применение твердого топлива для двигателей внутреннего сгорания стали изучать лишь в аспекте проведения его предварительной газификации. В прошлом столетии было изобретено несколько синтетических твердых топлив, пригодных для такого применения, но все они были намного дороже горючего нефтяного происхождения. Проблема же ожигания твердых топлив активно изучается и ныне.

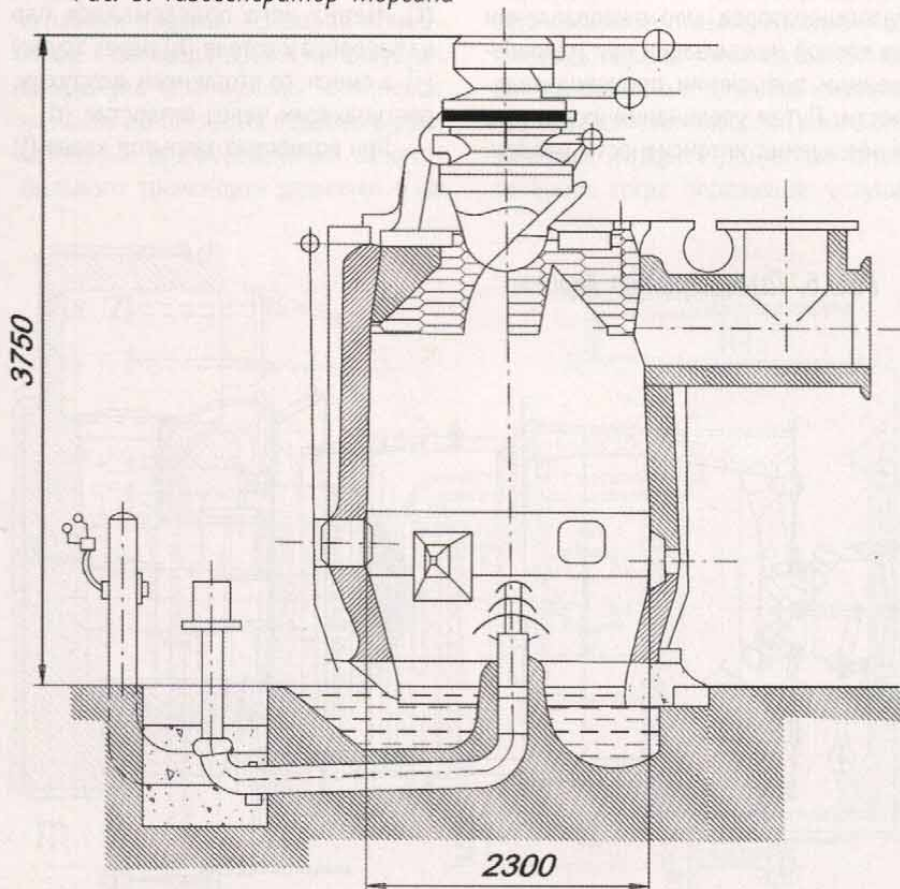
Кроме того, именно в прошлом веке начались активные исследова-

ния, направленные на создание синтетического аналога бензина. Первые автомобили на этаноле появились еще в 20-х гг. прошлого столетия. Но такое топливо, как «Агрол» (90% бензина + 10% безводного спирта), впервые было создано в США лишь в 1935г. Тогда и началось его массовое использование. В 40-е годы в Германии теоретические исследования школы Фишера-Троппа позволили создать целую отрасль промышленности. Объёмы производства измерялись миллионами тонн горючего для танков и самолетов. В 1936г. правительство Бразилии издало постановление о введении спиртовой добавки к импортному бензину. Это было сделано в качестве меры спасения сахарной промышленности, переживавшей тогда спад. С тех пор Бразилия – признанный лидер в такой технологии. В соответствии с государственной программой 5% сельскохозяйственных угодий страны используются под сахарный тростник, который выращивается специально для производства топливного спирта.

Другим важным моментом в историческом процессе конструктивного развития газогенераторов явилась задача удаления золы. Опуская первые попытки удаления золы (в виде расплавленного шлака), основными применявшимися ранее типами решеток надлежит считать плоские и слабонаклонные. Сименс впервые предложил сильно наклоненную ступенчатую решетку, которая предшествовала изобретению ступенчатых решеток Одельсьена. Примерно в 1880г. в качестве новой формы подвода дутья появился центральный дутьевой колпак. Это вскоре привело к созданию Бруком (1884г.) и Тейлором (1889г.) газогенераторов с вращающимся дутьевым колпаком и зольной тарелкой. Эти механизмы послужили исходными пунктами для новых конструкций. Из многочисленных последующих предложений для удаления золы следует упомянуть шнеки для золоудаления Зикеля (1877г.) и Геринга (1879г.).

Причём последний предложил ещё и шнек для дозированной подачи топлива. Были ещё подвижные зольные тележки Сетзерленда (1883г.), передвижная лестничная решетка Гребе (1878г.), вращающийся поддон Гопкрафта (1889г.) и сдвоенный вращающийся поддон Кетхума (1893г.),

Рис. 5. Газогенератор Моргана



а также своеобразная конструкция для удаления золы Китсона (1893г.).

Стоит отметить газогенератор Мюллера (1895г.), который можно считать предшественником газогенератора с вращающейся решеткой, и детальные работы Р. Аккельмана (Швеция), посвященные газификации торфа и дров в газогенераторах с плоской решеткой.

Важным этапом в деле развития конструкции газогенератора был переход на цилиндрическую шахту с конусным затвором шуровочной коробки, а также водяным поддоном и центральным принудительным подводом дутья. Роль колосниковой решетки в этом случае играли куски частично оплавленной золы топлива, заполнявшие нижнюю часть шахты. Представителем этого типа устройств является газогенератор системы Моргана (1896г.) (рис. 5). Это было большим шагом вперед, а основные особенности его конструкции (водяной затвор, цилиндрическая шахта, центральный подвод дутья, принудительная подача воздуха) сохранились и во всех последующих типах газогенераторов того времени.

В газогенераторах системы Сименса и Моргана совершенно отсутствовала механизация, ставшая впоследствии основой автоматизации газогенераторного процесса. Особо следует отметить конструкцию вращающейся решетки, предложенную де-Лавалем (1896г.). Это разработка стала отправной точкой для изобретения в 1904г. первой, удачной в практическом отношении конструкции, решающей вопросы механического измельчения и удаления золы (шлака). Эта задача была блестяще разрешена Керпели (1905г.), который предложил газогенератор с вращающимся водяным поддоном и с эксцентрично расположенной полигональной колосниковой решеткой (рис. 6). Керпели первый предложил делать нижнюю часть шахты газогенератора в виде цилиндрического охлаждаемого водой кессона. Это позволило устранить износ огнеупорной кладки и образование на ней шлаковых настывей, а также предоставило возможность простого получения пара для нужд газогенератора. Такой полумеханизированный газогенератор в то время был крупным шагом вперед и произвел целый переворот в области

газогенераторостроения. В различных своих конструктивных видоизменениях он продержался до двадцатых годов прошлого века, пока на смену ему не пришёл полностью механизированный газогенератор.

Последним, важным историческим моментом в развитии газогенераторов является изобретение охлаждения шахтной стенки для предотвращения присадки шлаков. Охлаждаемые стенки были довольно дороги, и их старались не приобретать. Однако при газификации очень многих многозольных топлив охлаждение стенок обеспечивает не только получение лучшего по качеству газа, но и гораздо лучшее выгорание золы, т.к. предотвращается зашлаковывание. Первая разработка такого рода была сделана Кнаутом (1881г.), продолжена Штапфом (1905г.) и Турком (1906г.). Интересные практические разработки были сделаны Сепюлькром и Вюртом (газогенератор с плавлением золы), Бамагом и Колером (веерная зольная решетка), Шавваном (1907–13гг.), Рамбушом и Лайманом (вращающиеся зольные решетки), Юзом и Чемпманом (шуровочные устройства), а также теоретические решения предложены К. Бунте и Ф. Тренклером и др.

Дальнейшее развитие конструкций газогенераторов шло в направлении их полной механизации при одновременном повышении производительности. Путем увеличения их размера и повышения интенсивности работы.

Но этот путь хорош лишь при наличии качественного, правильно сортированного и тщательно подготовленного топлива.

Первый газогенераторный автомобиль был построен Тейлором в 1900г. во Франции (патент №5666 выдан в России в 1901г.). (Рис. 7.). Этот первый патент на автомобильный газогенератор, представляющий в настоящее время лишь чисто исторический интерес, уже предусматривал особую систему регулирования присадки водяного пара к воздуху. Воздух и пар поступали снизу, из-под колосниковой решетки, в снабженную огнеупорной керамической футеровкой (а) шахту.

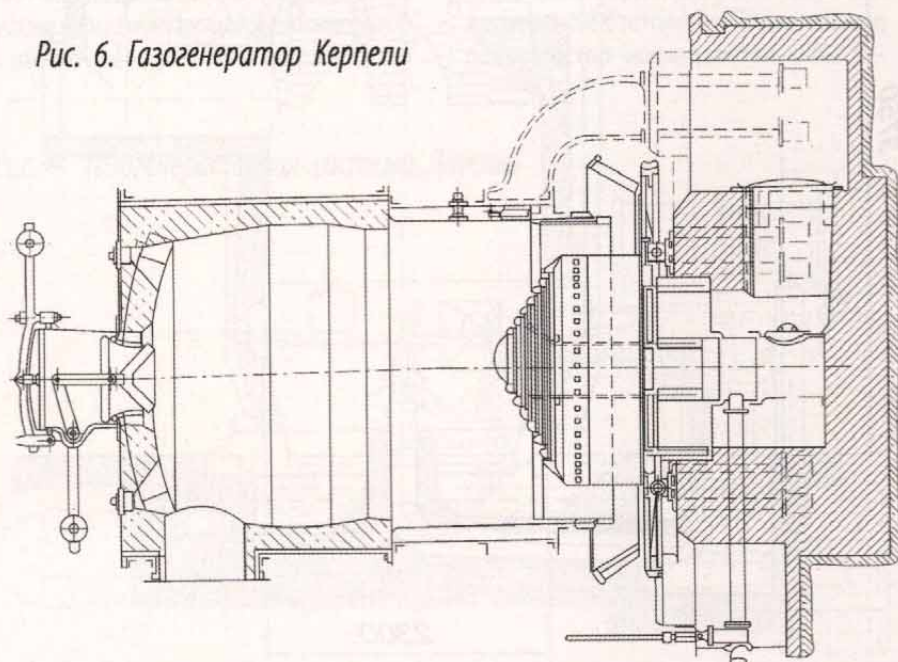
Генератор работал по принципу прямого процесса газификации топлива. Газ отбирался по трубе (g) и направлялся через охладители (h) и (l) и скруббер (очиститель) (т) к автомобильному двигателю.

Охладитель генераторного газа (h) одновременно служил парообразователем.

Вследствие разрежения, создаваемого автомобильным двигателем в шахте генератора, воздух поступал под колосниковую решетку из атмосферы в трубу (p) через отверстие (s). Отверстие (s) регулировалось краном (t). Через него подсасывался пар из парообразователя (h) через трубку (j) в смеси со вторичным воздухом, поступающим через отверстие (r).

При полностью закрытом кране (t)

Рис. 6. Газогенератор Керпели



к основному топливу определенного количества влажного древесного. Этот способ до сих пор довольно широко распространен ввиду своей простоты и высокой эффективности. В том же году военное министерство Франции испытывало газогенераторные автомобили на маневрах. Особо следует отметить работы В. Фойта (1933 г.) и Е. Розера (1938 г.), посвященные усовершенствованию процесса газификации в транспортных газогенераторах.

Однако на пути массового применения автомобильных газогенераторов встала техническая сложность: генераторный газ содержал большое количество примесей (в первую очередь смолы). Следовательно, перед подачей в двигатель его надо было фильтровать. Но эту проблему довольно быстро решили в Германии. В 1940 г., когда вермахт оккупировал

Францию, в составе его тыловых частей находились грузовики, которые не имели потребности в бензине. Нововведение пришлось весьма кстати – бензин в оккупированных районах в свободную продажу не поступал. А вот угля, дров и других органических отходов хватало: стратегическими материалами они не считались. Осенью 1944 г., когда Советская Армия захватила нефтяные верфи Плоешты (единственного источника моторного топлива Германии), еще полгода там, где это было возможно, функцию моторного топлива в немецкой армии выполнял генераторный газ.

Дальнейшее своё развитие транспортные газогенераторы получили во Франции, Германии и Швеции. Эти страны не имели своих запасов нефти и после второй мировой войны испытывали острую нехватку топлива. Поэтому очень большое значение

в послевоенные годы специалисты французской и шведской автомобильной промышленности придавали использованию газового топлива. Наиболее практичным представлялось использование машин не с запасом сжатого или сжиженного газа на борту, а с газогенераторной установкой для газификации органического сырья (дерева, угля, торфа). Организация сети газонаполнительных станций требовала значительных капиталовложений, а производство высокопрочных баллонов для сжатого газа требовало применения легированных сталей, которые в то время были дефицитны. Отсутствие необходимой производственной базы сделало эти причины решающими и поставило в центр внимания создание мобильных транспортных газогенераторов.

Н. М. ЦИВЕНКОВА, А. А. САМИЛИН

ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ В СССР

В СССР газогенераторные двигатели стали производиться в середине 20-х. Правда, тогда они были необходимы лишь небольшим электростанциям, крестьянским мельницам, пилорамам.

Однако в тридцатых годах произошёл большой толчок в развитии транспортных средств, работающих на дровяном газе. Нефтепродуктов, главным образом бензина и керосина, постоянно не хватало, особенно много горючего требовалось Красной Армии, многочисленным колхозам, стройкам коммунизма.

Уже в 1931 году был объявлен всесоюзный конкурс на тракторный газогенераторный двигатель. Лучший из представленных – конструкции инженера Декаленкова – стал устанавливаться на тракторе «Коммунар-50». В первую очередь он пошел, конечно, на лесозаготовки. Деревянного топлива для машин всегда было вдоволь. Древесину, чаще всего березу, специально распиливали, раскалывали, сушили. Особенно хорошо показали себя газогенераторные двигатели на водном транспорте, их ставили

на катера, самоходные баржи. К тому же на воде легче решалась проблема с охлаждением и запасами топлива. Как ни крути, а добрую треть кузова грузовика типа «ЗИС-5» занимали топливные чурочки.

К тому времени в леспромпхозах страны работало уже более 2,5 тысячи тракторов и автомобилей на твердом топливе, а всего по стране около 10% парка транспортных средств имело газогенераторные двигатели. Находились умельцы, которые устанавливали газогенераторы даже на мотоциклах.

А во время войны газогенераторные трактора и автомобили стали основным видом механического транспорта в тылу, особенно в сельском хозяйстве и на лесозаготовках. В 1942 году, когда гитлеровские войска стали прорываться на Кавказ, где располагался основной нефтепромысел страны, профессор Сибирского лесотехнического института (сейчас – СибГТУ) Николай Петрович Вознесенский получил срочное правительственное задание: в короткий срок перевести на дровяное топливо 6 тысяч тракторов для колхозов и леспромпхозов.



Трелевочный трактор КТ-12

Задание было выполнено.

Первый в мире трелевочный трактор КТ-12, разработанный уже после войны, тоже работал на дровах. Еще в 1956 году на лесозаготовках использовалось более 20 тысяч таких тягачей. Впрочем, не только дрова, но практически любое органическое вещество, вплоть до соломы и жмыха, оказалось пригодным в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания.

Но уже с середины 50-х годов интерес к газогенераторным двигателям резко пошел на убыль. Это было естественно: в стране стало лучше с бензином, соляркой. Да и хлопот с ними было гораздо меньше, чем с деревянным горючим.

Информация с сайта www.sintur.ru