

# *История возникновения и применения газогенератора, XVIII – I половина XX вв.*

## **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 поколебали его позиций. Наступила эпоха господства нефти (нефтепродуктов) и заменить её пока не представляется возможным.

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. При этом 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, обусловленные 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 автора, крайне актуальным, особенно в нашей стране.

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, 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. Газогенератор. Общие принципы работы.**

Давно 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. Газодобытие и собственно газогенератор,

однако, возникли только тогда, когда использование газа было полностью отделено от процесса его добывания.

Газогенератор для термической переработки твёрдых и жидких топлив в горючие газы, осуществляемой в присутствии воздуха, свободного или связанного кислорода (водяных паров). Получаемые в Г. газы называются генераторными. Горение твёрдого топлива в Г. в отличие от любой топки осуществляется в большом слое и характеризуется поступлением количества воздуха, недостаточного для полного сжигания топлива (например, при работе на паровоздушном дутье в Г. подаётся 33—35% воздуха от теоретически необходимого). Образующиеся в Г. газы содержат продукты полного горения топлива (углекислый газ, вода) и продукты их восстановления, неполного горения и пирогенетического разложения топлива (угарный газ, водород, метан, углерод). В генераторные газы переходит также азот воздуха. Процесс, происходящий в Г., называется газификацией топлива.

Г. обычно представляет собой шахту, внутренние стенки которой выложены огнеупорным материалом. Сверху этой шахты загружается топливо, а снизу подаётся дутьё. Слой топлива поддерживается колосниковой решёткой. Процессы образования газов в слое топлива Г. показаны на рисунке 1.

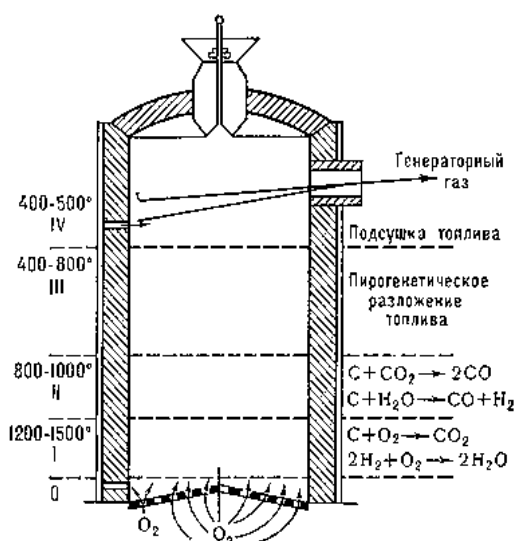


Рисунок 1. Схема прямого процесса образования газа в газогенераторе.

Подаваемое в Г. дутьё вначале проходит через зону золы и шлака 0, где оно немного подогревается, а далее поступает в раскалённый слой топлива (окислительная зона, или зона горения 1), где кислород дутья вступает в реакцию с горючими элементами топлива. Образовавшиеся продукты горения, поднимаясь вверх по Г. и встречаясь с раскалённым топливом (зона газификации II), восстанавливаются до окиси углерода и водорода.

При дальнейшем движении вверх сильно нагретых продуктов восстановления происходит термическое разложение топлива (зона разложения топлива III) и продукты восстановления обогащаются продуктами разложения (газами, смоляными и водяными парами). В результате разложения топлива образуются вначале полукокс, а затем и кокс, на поверхности которых при их опускании вниз происходит восстановление продуктов горения (зона II). При опускании ещё ниже происходит горение кокса (зона 1). В верхней части Г. происходит сушка топлива теплом поднимающихся газов и паров.

В зависимости от того, в каком виде подаётся в Г. кислород дутья, состав генераторных газов изменяется. При подаче в Г. одного воздушного дутья получается воздушный газ, теплота горения которого в зависимости от перерабатываемого топлива колеблется от 3,8 до 4,5 Мдж/м<sup>3</sup> (900—1080 ккал/м<sup>3</sup>). Применяя дутьё, обогащенное кислородом, получают т. н. парокислородный газ (содержащий меньшее количество азота, чем воздушный газ), теплота горения которого может быть доведена до 5—8,8 Мдж/м<sup>3</sup> (1200—2100 ккал/м<sup>3</sup>).

При работе Г. на воздухе с умеренной добавкой к нему водяных паров получается смешанный газ, теплота сгорания которого (в зависимости от исходного топлива) колеблется

от 5 до 6,7 Мдж/м<sup>3</sup> (1200—1600 ккал/м<sup>3</sup>). И, наконец, при подаче в раскалённый слой топлива Г. водяного пара получают водяной газ с теплотой сгорания от 10 до 13,4 Мдж/м<sup>3</sup> (2400—3200 ккал/м<sup>3</sup>).

По назначению Г. можно разделить на стационарные и транспортные, а по месту подвода воздуха и отбора газа на Г. прямого, обращенного и горизонтального процесса. В Г. прямого процесса (рис. 2) движение носителя кислорода и образующихся газов происходит снизу вверх. В Г. с обращенным процессом (рис. 3) носитель кислорода и образующийся газ движутся сверху вниз. Для обеспечения обращенного потока средняя часть таких Г. снабжается фурмами, через которые вводится дутьё. Так как отсасывание образовавшихся газов осуществляется снизу Г., то зона горения I (окислительная) находится сразу же под фурмами, ниже этой зоны следует зона восстановления II, над зоной горения I располагается зона III — пирогенетического разложения топлива, происходящего за счёт тепла раскалённого горящего кокса зоны I. Сушка самого верхнего слоя топлива в Г. происходит за счёт передачи тепла от зоны III. В Г. с горизонтальным процессом носитель кислорода и образующийся газ движутся в горизонтальном направлении.

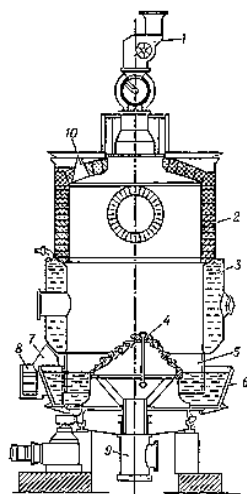


Рисунок 2. Газогенератор прямого процесса для получения смешанного газа: 1 — загрузочное устройство; 2 — шахта; 3 — водяная рубашка; 4 — колосниковая решётка; 5 — фартук; 6 — чаша с водой, образующая гидравлический затвор; 7 — выгребной нож; 8 — конвейер для удаления золы; 9 — дутьевая коробка.

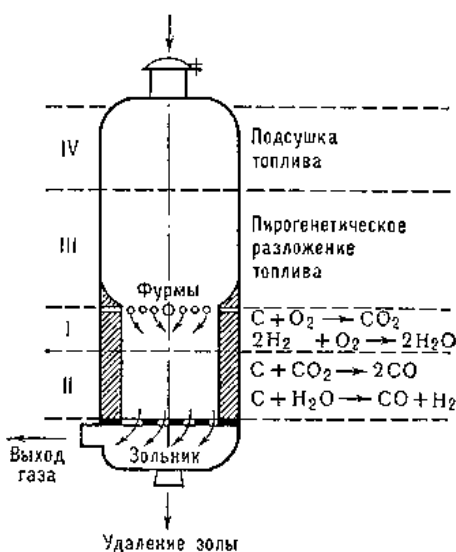


Рисунок 3. Схема газогенератора с обращённым процессом газификации топлива.

При эксплуатации Г. соблюдается режим давления и температуры, величина которых зависит от перерабатываемого топлива, назначения процесса газификации и конструкции Г.

Бурное развитие газовой промышленности в СССР привело к почти полной замене генераторных газов природными и попутными, т. к. себестоимость последних значительно ниже. В зарубежных странах, где мало природного газа, Г. широко применяются в различных отраслях промышленности (ФРГ, Великобритания).

### 3. Становление и конструктивное развитие стационарных и транспортных газогенераторов.

Создателем первого газогенератора принято считать французского инженера Филиппа Лебона, родившегося в Браше 29 мая 1767 г. Однажды, в 1788г., бросив горсть древесных опилок в стоявший перед ним на огне сосуд, Лебон увидел, что из сосуда поднялся 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 поту и другую сторону поршня. После трагической гибели Лебона в декабре 1804г. его работы были продолжены В. Мурдохами в Англии и С. Минкедерсом в Бельгии.

В первые десять лет XIX века число полученных в Англии и Франции патентов 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. Поданным 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. 4 показан усовершенствованный газогенератор Бишофа, применявшийся им в Мегдешпрунге в 1844 г. Устройство представляло собой простой шахтный генератор.

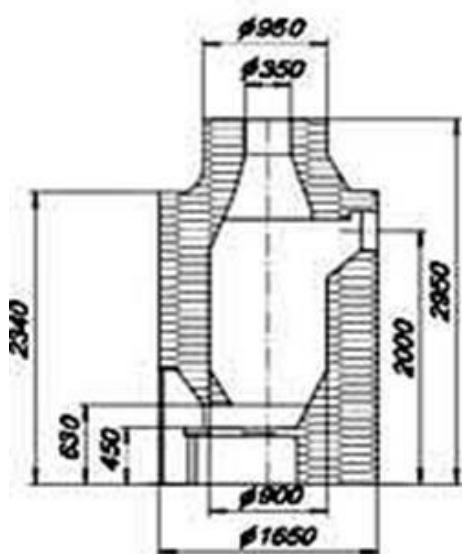


Рисунок 4. Газогенератор Бишофа.

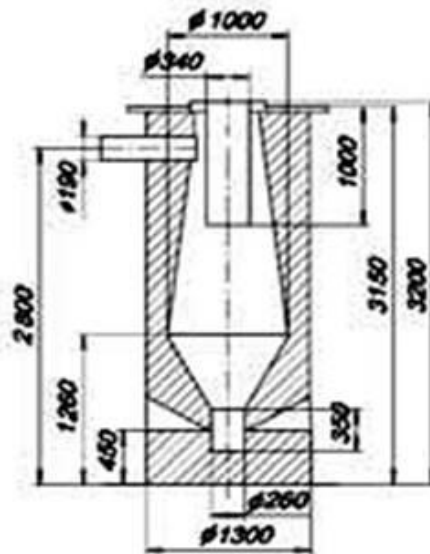


Рисунок 5. Газогенератор Эдельмана.

В газогенераторе, построенном в 1840г. в г. Аудикурт (Австрия) на заводе

С.-Стефан инженером Эбельманом, впервые был применен принцип обратного горения (рис. 5). Впоследствии этот принцип получил широкое распространение на транспортных установках. Эбельман чрезвычайно удачно 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 1856г. (рис. 6).

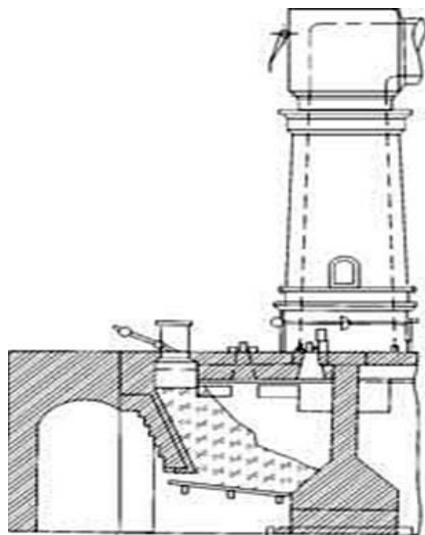


Рисунок 6. Газогенератор системы Сименса.

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 косая реторта Гребе-Лермана (1877 г.) и газогенераторы Незе (1878 г.) и Ольшевского (1880г.). 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 (1883г.) 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 выставки 1878г. 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. 7). Значение этой работы было столь велико, что в течение какого-то времени генераторный газ назывался газом Даусона.

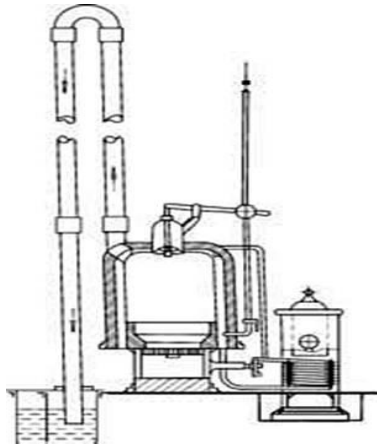


Рисунок 7. Газогенераторная система Даусона.

Воспользовавшись опытами Даусона, завод Крослей в 1889г., 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 (1892г.), 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 высоко дисперсном состоянии. Подавляющее большинство исследовательских работ 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 достаточна, 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 зольных частей 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 ожижения твердых топлив активно изучается и ныне.

Кроме того, именно в прошлом веке начались активные исследования, 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-Тропша позволили создать целую отрасль промышленности. Объемы производства измерялись миллионами тонн горючего для танков и самолетов. В 1936 г. 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 Одельдье-на. Примерно в 1880г. в качестве новой формы подвода дутья появился центральный дутьевой колпак. Это вскоре привело к созданию Бруком (1884г.) и Тейлором (1889 г.) 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.).

Причем последний предложил ещё и шнек для дозированной подачи топлива. Были ещё подвижные зольные тележки Сетзерленда (1883 г.), передвижная лестничная решетка Греббе (1878 г.), вращающийся поддон Гопкрафта (1889 г.) и сдвоенный вращающийся поддон Кетхума (1893 г.), 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 (1896

г.) (рис. 8). 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.

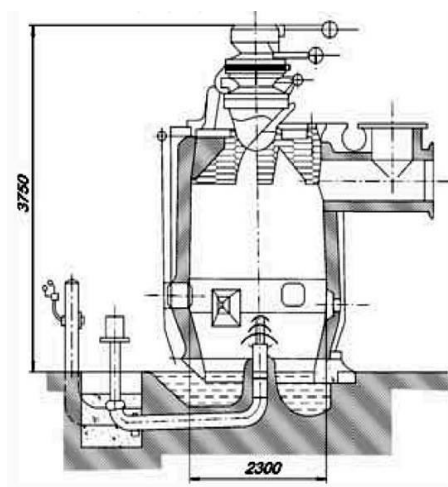


Рисунок 8. Газогенератор Моргана

В газогенераторах системы Сименса и Моргана совершенно отсутствовала механизация, ставшая впоследствии основой автоматизации газогенераторного процесса.

Особо следует отметить конструкцию вращающейся решетки, предложенную де-Лавалем (1896 г.). 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. 9).

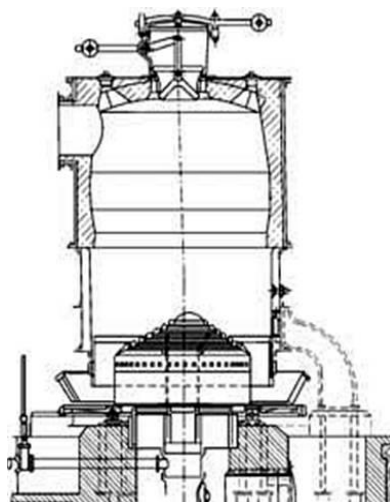


Рисунок 9. Газогенератор Керпели

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 настелей, 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.

#### **4. Изменения и практическое применение транспортных газогенераторов, в I половине XX века.**

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 (всеременная зольная решетка), Шавваном (1907-13 гг.), 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. 10.). 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.

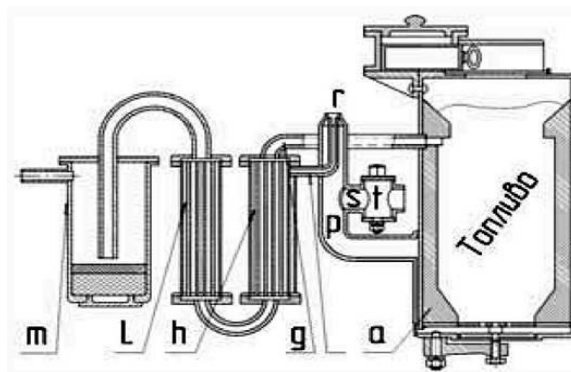


Рисунок 10.

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) весь вырабатываемый в парообразователе (h) пар увлекался в генератор воздухом, входящим снаружи через отверстие (r).

При полностью открытом кране (t) воздух поступает через трубку (s) в генератор, а весь пар выходил наружу через трубку (j) и отверстие (r).

В 1905 г. Торникрофтом в Англии была построена первая газогенераторная моторная лодка.

За четырнадцать лет, с 1900 по 1914гг., с момента появления первого газогенераторного автомобиля в мире было построено несколько десятков газогенераторных автомашин.

Началом развития и широкого применения транспортных газогенераторов можно считать 1914г., когда экономические предпосылки, вызвавшие к жизни эту новую отрасль техники, стали выступать особенно остро. Рост мирового автотракторного парка в начале прошлого века сильно увеличил потребление жидкого топлива. Неравномерное распределение нефти по земной поверхности поставило ряд стран перед необходимостью искать заменители этого сравнительно редкого ископаемого. В особо тяжелых условиях оказалась Франция. Её энергетические ресурсы были наиболее ограничены по сравнению с другими странами Европы. Успешное применение газогенераторов в металлургии натолкнуло французских инженеров на мысль использовать подобного рода установки для обеспечения автомобильного транспорта дешевым и не дефицитным газообразным топливом. Переход с бензина на национальное топливо во Франции предполагался на следующих условиях: новое горючее в экономическом отношении должно было быть в состоянии конкурировать с бензином; переход на новое топливо не должен вызывать крупных переделок в двигателе.

Исследование первого условия - достаточной дешевизны суррогата - показали, что ни бензол, ни другие углеводороды не могут быть получены достаточно экономично. А лишь генераторный газ из дров, древесного угля и карбонита может дать необходимый экономический эффект. Что касается второго требования - не вносить значительные изменения в двигатель - то оно было вызвано тем обстоятельством, что Франция, располагавшая большим автотракторным парком, не считала реальным решением вопроса путь, требующий крупных конструктивных изменений.

В начале I мировой войны во Франции был организован первый пробег грузового автомобиля с газогенераторной установкой. Пробег состоялся между Парижем и Руаном (126 км.) и не дал положительных результатов. Интересно отметить, что по этому же маршруту в 1894г. (за 20 лет до пробега грузовика с газогенератором) состоялись первые гонки автомобилей, больше известных тогда как «экипажи без лошадей». Автомобиль Пежо с бензиновым мотором Даймлера также потерпел тогда поражение, уступив первое место паровой коляске Серполе.

В 1916 г. между Парижем и Руаном совершал регулярные рейсы опытный газогенераторный автобус.

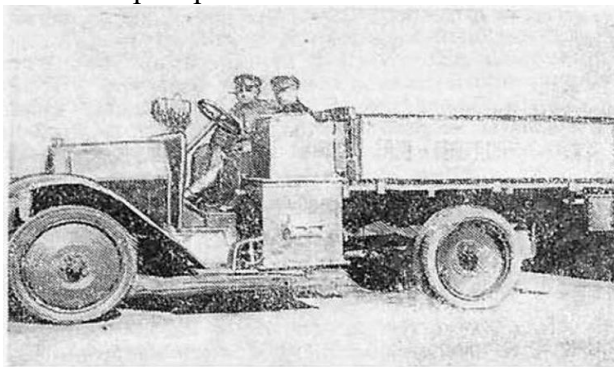


*Газобаллонный автомобиль начала XX –го века. Сверху баллон, куда накачивался газогенераторный газ (тогда его называли светильным, т.к. им освещали улицы). Первые машины на газу (газу, сделанному из угля или дров).*

Целый ряд конкурсов и пробегов газогенераторных автомобилей, организованный в Европе с 1922 г., очень содействовал развитию нового вида транспорта. Франция и ряд других стран поощряли производство газогенераторных автомобилей правительственными постановлениями, способствующими переводу работающих бензиновых машин на местное топливо. Так, правительство Японии для поощрения введения газогенераторных автомобилей избрало путь материальной заинтересованности владельцев, выдавая им по 300 иен при

покупке такого автомобиля. В Италии был издан правительственный закон о переводе автотранспорта к концу 1937 г. на «национальное горючее». Кроме того, автомобили, переводимые с жидкого топлива на генераторный газ, освобождались от государственного налога на 5 лет. Позже для владельцев газогенераторных автомобилей в зависимости от тоннажа были установлены государственные субсидии размером до 9000 лир на покупку автомашины. Германия аналогично поощряла перевод автотранспорта на «национальное топливо», назначив государственную субсидию до 1000 марок при покупке газогенераторных автомобилей и 300 марок при переоборудовании старых бензиновых машин под газогенераторы. Одновременно владельцам бесплатно выдавалась 1 т. топлива и предоставлялись льготы по уплате налогов. Для обслуживания автопарка с газогенераторными установками во Франции и Германии были организованы древесно-угольные и дровяные раздаточные станции.

В 1924 г. во Франции впервые был предложен (герм. патент №407054 Французского общества сельскохозяйственной и промышленной продукции) способ газификации топлива с малым содержанием летучих компонентов (древесный уголь, антрацит, кокс и т.п.). Суть этого способа в том, что в газогенераторе происходит т.н. опрокинутый процесс горения. Основное же отличие его в том, что присадка водяного пара, необходимого для хорошей газификации топлива, производится за счет добавки к основному топливу определенного количества влажного древесного. Этот способ до сих пор довольно широко распространён ввиду своей простоты и высокой эффективности. В том же году военное министерство Франции испытывало газогенераторные автомобили на манёврах. Особо следует отметить работы В. Фойта (1933 г.) и Е. Розера (1938 г.), посвященные усовершенствованию процесса газификации в транспортных газогенераторах.



Установка газогенератора проф. Наумова на грузовике Фиат. Машина участвовала в пробеге Москва—Ленинград—Москва в 1928 г.

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 Плоешти (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.

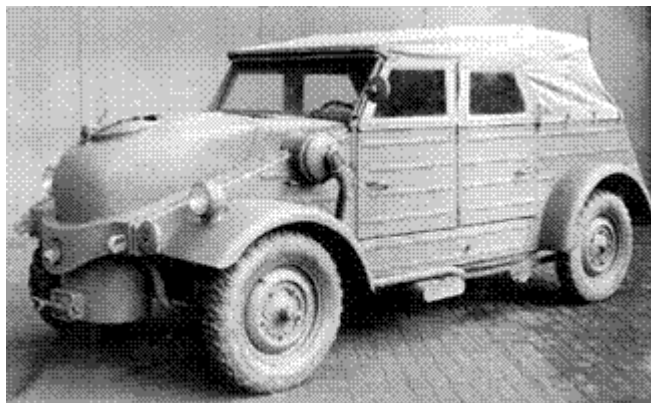


Рис. 11 Газогенераторный немецкий автомобиль «Кюбельваген»

Для обслуживания газогенераторных автомобилей во Франции и Германии были построены оригинальные автозаправочные станции, продававшие вместо бензина дрова и угольные брикеты.

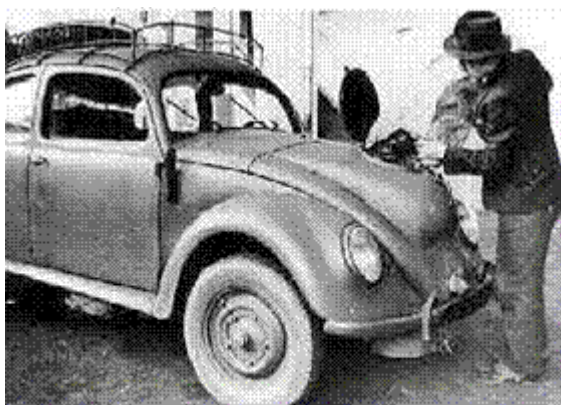


Рис. 12 Заправка газогенераторного «Жука» твёрдым топливом

## 5. Заключение.

*В трудные годы войны все машины Колымы были переведены на газогенераторное топливо, или, проще говоря, на обыкновенную деревянную чурку. Были специальные комбинаты по заготовке и сушке «чурочки» — так ласково называли её шофёры. Уходя в рейс, водитель брал шесть-восемь мешков чурки, которые по мере необходимости засыпал в специальный бункер. Дерево сгорало, образовавшийся газ «двигал» машину.*

*Ясное дело, что «газген» появился не от хорошей жизни — не хватало бензина. Первая конструкция газогенераторного устройства была неудачной... Рационализаторы Аткинской автобазы решили заставить «газген» работать лучше. И они добились своего: сделали надёжным «газген» на трассе, грузоподъёмность его повысили до семи тонн. А опытные шофёры на такую машину брали прицепы до восьми тонн. На ВДНХ в 1945 году колымские «газгены» заняли первое место.*  
— С. Шайдуров, «Берег двух океанов».

В работе сделана попытка рассмотреть: эволюцию конструктивного развития транспортных и стационарных газогенераторных установок, перспективы и методики их эффективного применения в прошлом. Сделан анализ технологий газификации твердого

топлива, рассмотрены компоновки газогенераторных установок, которые использовались в прошлом веке.

В последнее время потребность некоторых регионов России в энергетической независимости и гарантированном обеспечении энергией существенно выросла. Особенно остра эта проблема в удаленных от центра областях, куда доступ классических видов топлива, таких как уголь, газ и нефтепродукты, весьма ограничен в силу больших расстояний и, соответственно, высоких транспортных расходов.

В таких регионах все актуальнее становится поиск возможностей использования альтернативных источников энергии - биотоплива, в частности древесного; в нем нет недостатка на местах, поэтому длительная, сложная и дорогостоящая транспортировка до ТЭС (тепловая энергостанция) не требуется.

Электростанции на биотопливе для посёлков и городов, также для предприятий могут стать идеальным решением в регионах Севера, Центральной, Восточной и Северной Сибири, Дальнего Востока, с их большими запасами леса и множеством лесопильных и деревоперерабатывающих предприятий.

ТЭЦ на биотопливе позволяет существенно повысить энергетическую безопасность региона, дать значительный импульс развитию местной экономики, в частности, сельского хозяйства, лесопереработки и лесопользования. Производство электрической и тепловой энергии, имеют объективные экономические основания для того, чтобы наращивать объемы сжигания биотоплива.

Экономическая эффективность проектов ТЭЦ на биотопливе, может быть существенно улучшена при реализации конкретного проекта, за счет уменьшения стоимости биологического топлива, минимизации транспортных расходов на его доставку, применения прогрессивных технологий, высокоэффективного технологического цикла генерации электроэнергии и тепла.

Сжигать местное биотопливо для получения электричества или тепла – выгоднее, чем сжигать уголь, мазут или другое ископаемое сырье.

Технология производства тепловой и электрической энергии, за счет возобновляемых источников освоена давно, и является одним из наиболее перспективных сегментов мировой биоэнергетики.

## **Источники:**

1. Михеев В. П., Газовое топливо и его сжигание, Л., 1966.
2. <https://a-forester.livejournal.com/90555.html>
3. <https://a-forester.livejournal.com/tag>
4. <https://alternativenergy.ru/knigi/002/230-gazifikaciya-tverdogo-topliva-ch-2.html>
5. <http://super-texnolog.narod.ru/gaz.htm>
6. <https://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/159474/>
7. <https://www.drive2.ru/b/454344593949852910/>
8. <http://wiki.zr.ru/Файл:Fiat-15Ter.jpg>
9. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
10. <https://www.zr.ru/archive/zr/1935/20/sovietskiye-ghazoghenieratory-na-lieghkovykh-avtomobiliakh>
11. [https://nova-m.com/catalog/elektrostantsii-i-stabilizatoryi/gazovyye-generatoryi/?utm\\_source=yandex&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=41379062&utm\\_content=7137111339&utm\\_term=%D0%B3%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F&mango=c:41379062;g:3721995596;b:7137111339;k:20090863136;st:search;a:no;s:none;t:premium;p:1;r:reg:57/net:{yad}&yclid=4696076046913022242](https://nova-m.com/catalog/elektrostantsii-i-stabilizatoryi/gazovyye-generatoryi/?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=41379062&utm_content=7137111339&utm_term=%D0%B3%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B9%20%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F&mango=c:41379062;g:3721995596;b:7137111339;k:20090863136;st:search;a:no;s:none;t:premium;p:1;r:reg:57/net:{yad}&yclid=4696076046913022242)