

Тренклер Гуго Рихард

Газогенераторы

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84-4
Г93

Г93 **Гуго Рихард Т.**
Газогенераторы / Тренклер Гуго Рихард – М.: Книга по Требованию, 2022. –
434 с.

ISBN 978-5-519-77401-7

ISBN 978-5-519-77401-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2022

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2022

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
20	9 и 12 сверху	горные сланцы	горючие сланцы
29	10 снизу	камольный	каменноугольный
46	10 снизу	CH	C_nH_m
48	8 сверху	стр. 250	стр. 263
50	19 снизу	(стр. 283)	(стр. 294)
55	21 сверху	подменялся	применялся
57	21 »	кг/кал	кал
60	16 «	20% CO ₂	2% CO ₂
61	Табл. 14	Примечания: 1. 2.	Примечания: 1. В I—III 2. В IV—VI
63	7 сверху	CO ₂	CO
»	10 »	6 320	320
»	17 »	(0,279 —	(1 690 · 0,279 —
64	17—18 снизу	(стр. 49—50)	(стр. 57—59)
76	14 сверху	0,03 · 1 767	0,03 · 0,1767
86	25 снизу	750 кг	750 т
100	фиг. 10	У точек A, B, C пропущены индексы, соответственно I, II, III	
123	фиг. 24	Клише повернуть на 180°	
128	15 снизу	но разовые	не разовые
167	8 снизу	к шахте	к пихте
185	3 снизу	газа	гавера
209	6 сверху	CH	CH ₄
226	11 сверху	ограничивающуюся	ограничивающую
228	Табл. 43, 8 сверху	топливом (по калорийности) далее	топливом дала
242	17 снизу	проводить	привозить
276	21 сверху	азота воздуха	азота топлива
300	Подпись к фиг. 138		
309	Табл. 62, 5 сверху	То же, из 1 кг	То же, из 1 т
366	Табл. 67 12 сверху	26,5% CO ₂	26,5% CO
366	То же, 16 сверху	$K = f - d = 8,6$	$k = f - g = 8,6$
367	Табл. 68 10 сверху	$f = 99,9$	$f = 99,0$
382	Табл. 74 10 сверху	1 767 137 511	1 767 137 511
384	6 сверху	веса	тава

Транслер. Гетогенераторы



Предисловие к русскому изданию

Книга Тренклера до сего времени является почти единственным современным капитальным трудом по технике полной газификации топлива. Острый недостаток в подобных работах в нашей технической литературе привел к необходимости издания настоящего перевода, дающего фундаментальную подготовку технику для работы в газовом цехе или в проектном отделе. Значительные успехи газогенераторного дела за последние годы, прошедшие по выпуске в свет немецкого оригинала работы, сделали необходимыми многочисленные дополнения и исправления, внесенные редакцией почти исключительно в виде сносок, чтобы не нарушить технической целостности характеристик автора. Дополнения, внесенные в текст, отмечены звездочкой (*). Большое количество добавленных иллюстраций вызвано необходимостью охарактеризовать дальнейшее развитие конструкций, разбираемых Тренклером. Ограниченные возможности объема книги вынуждают редакцию, как правило, давать лишь самые краткие указания на имевшие место технические успехи и изменения, отсылая за подробностями в приводимую специальную литературу.

Мы сочли полезным поместить в виде приложения к книге статью Тау и Шмидт (доклад авторов на мировой энергоконференции, 1930 г.), дающую описание специальных конструкций газогенераторов.

Общий объем редакционных добавлений составляет примерно 7 печатных листов.

Н. Лазарев

Предисловие к немецкому изданию

Газогенераторные установки в соответствии с их техническим характером — специальных вспомогательных устройств — получили уже в технической литературе многократную систематическую обработку, частично весьма глубокую. Несмотря на это, я неоднократно слышал пожелания практических работников, в особенности в течение последних лет, о необходимости издания специального руководства в связи со значительным увеличением числа конструкций газогенераторов. Вопрос об использовании побочных продуктов с течением времени существенно расширил эту отрасль техники, и прежняя специальная непериодическая литература являлась поэтому уже недостаточной. Между тем новейшие журнальные работы в этой области являются в значительной степени противоречивыми.

В связи с этим выявились следующие отправные пункты для проведения своей работы: наибольшая возможная полнота при сохранении достаточно легкой обозреваемости материала и критическая оценка имеющихся многочисленных конструкций.

Инженер-производственник не в состоянии так быстро и точно ориентироваться в специальных конструкциях вспомогательных устройств, как это ему самому представляется часто желательным; к тому же он большею частью знает лишь производственные особенности

своего предприятия. Поэтому я считал наиболее важным придать материалу при обработке максимальную наглядность.

Я применил в этой работе уже ранее данную мною классификацию технических газов, до сего времени вполне сохранившую свою целесообразность. Наряду с этой системой, основанной на химических факторах, мною дана классификация процессов по типам применяемых механических конструкций. Такой группировкой всех процессов по различным характеристикам я надеюсь достичь наиболее легкой обозреваемости материала, что казалось мне необходимым.

Гораздо труднее было выполнить требование полноты, так как нельзя было чрезмерно повышать объем издания и этим, конечно, снижать усвояемость материала.

Работая свыше 17 лет в данной специальной отрасли техники, я смог более или менее легко выделить конструкции, имеющие в настоящее время производственный интерес. Все прочие более старые конструкции были отнесены мною в историческую часть. Каждый работающий в этой области знает, какое множество патентов и конструкций имеется в газовом деле, относительно большей части которых трудно сказать, пойдут ли они на практике далее первого опытного применения. Однако не надо забывать, что этот обширный материал имеет чрезвычайно большую техническую ценность, так как ведь уже доказано, что часто какая-либо старая мысль, в свое время оказавшаяся нежизненной, пускает впоследствии новые корни и ведет к значительнейшим успехам и техническим переворотам.

Стремясь поэтому к наибольшей полноте, я вынужден был, конечно, сильно урезать длительные описания и объяснения, считая, что чертеж какой-либо важной конструкции является сам по себе вполне достаточным для читателя-инженера. Указания на патентную литературу дают возможность каждому читателю без затруднения изучить глубже какой-либо специальный вопрос.

С той же целью — сокращения объема — я объединил описания сходных конструкций, достигая этим возможно большей наглядности материала. Ход изложения отдельных усовершенствований, несмотря на очень часто встречающиеся самые разнообразные формы, мною сохранен по возможности однообразный. Это обеспечивает наиболее правильную критическую оценку или по меньшей мере дает возможность читателю самостоятельно провести такую критику.

Так как работа вызвана потребностями практики, то я наибольшее значение придавал практическим результатам работы отдельных конструкций, правилам эксплуатации и необходимым при правильном надзоре за установкой исследованиям. В отношении первого пункта необходимо было ввести соответствующие ограничения, чтобы иногда не вполне несомненные результаты не могли привести к ложным заключениям. Так как я делаю систематические ссылки на соответствующие специальные работы в технической литературе, то каждый читатель в состоянии проверить правильность взятой мною в том или ином вопросе позиции.

Г. Р. Тренклер

Оглавление

	Стр.
Предисловие к русскому изданию	5
Предисловие к немецкому изданию	—
Введение	9
I. Твердые топлива	
1. Происхождение и залегание	18
2. Химический состав и процессы образования топлив	25
3. Классификация природных топлив и их свойства	32
4. Теплотворная способность топлива	41
5. Поведение топлив при сухой перегонке (дегазация, дестилляция)	46
6. Искусственные топлива	53
II. Химические основы газификации	
1. Общие данные	57
2. Воздушный газ	60
3. Полуводяной газ (полугаз), смешанный газ (генераторный газ)	65
4. Регенеративный газ	76
5. Водяной газ	80
6. Оксигазы	87
7. Нефтяные газы, чистые газы и др.	87
8. Влияние дестилляционных газов на состав. Взаимоотношения процессов	96
III. Технические основы газификации	
1. Топливный слой	102
2. Остатки и их удаление	108
3. Подвод реакционных газов	112
4. Отвод полученного газа	116
5. Подача топлива	120
6. Механическое воздействие на топливный слой	130
IV. Конструкции газогенераторов	
1. Историческое развитие газогенераторостроения	140
2. Описание употребительных конструкций	157
а) Генераторы с плоской решеткой	—
б) Газогенератор со ступенчатой решеткой	162
в) Безрешеточные генераторы	164
г) Генераторы с плавлением золы	167
д) Газогенераторы с дутьевым коппаком и водяным затвором	168
е) Газогенераторы с вращающейся решеткой	172
ж) Газогенератор с автоматическим шурованием	184
з) Газогенераторы для водяного газа, двойного газа, котлогенераторы	192
3. Эксплуатационные характеристики отдельных конструкций и процессов	210
а) Общие указания	—
б) Газификация многозольных топлив	220
в) Газификация богатых влагой топлив	225
г) Газификация мелкодисперсных топлив	227
д) Газификация бурых углей	234

V. Устройство газогенераторных станций

1. Расположение газогенераторов и вспомогательных устройств	244
2. Хранение и подача топлива	252
3. Золоудаление	256

VI. Очистка газа и получение побочных продуктов

1. Основания очистки газа и главные способы	258
2. Получение смолы, в особенности первичной	263
а) Химические основы	—
б) Простейшие очистительные устройства	264
в) Установки для получения первичной смолы	266
г) Экономическое значение отбора первичной смолы	286
д) Экономические расчеты	292
3. Получение побочных продуктов, содержащих азот	294
а) Химические основы выделения азота	—
б) Устройство для получения аммиака	300
в) Газификация для силовых целей с отъемом побочных продуктов	307
г) Экономика получения аммиака	318
4. Работы по использованию серы топлива	319
5. Дегидратация газа	325

VII. Эксплуатация газогенераторных установок

1. Производственные факторы	327
а) Измерение температур	332
б) Определение точки росы	335
в) Измерение давления	339
г) Измерение количества газа	—
д) Измерение количества пара	345
е) Определение количества топлива	—
ж) Аппараты для анализа газа	346
з) Типовые схемы теплотехнического контроля работы газогенераторных установок	350
2. Методика химического исследования	355
а) Твердые топлива	—
б) Исследование газа	362
3. Составление материального и теплового баланса	373
4. Заключение	383

П р и л о ж е н и я:

Тгу и Шмидт. Производство и применение силового газа в специальных установках	393
1. Именной указатель	417
2. Именной указатель по дополнительным материалам редакции	421
3. Перечень патентов	425
4. Предметный указатель	427

Введение

Газогенераторы представляют собой устройства для полного обращения твердых топлив в горючие газы. Рассматривая это определение, мы найдем следующие разграничения с родственными техническими областями и конструкциями. Процесс должен дать только горючие газы, т. е. не только должно быть исключено полное горение, дающее бесценные дымовые газы, но исключаются также процессы, при которых горючие газы получают в качестве лишь побочных продуктов. Таким образом мы разграничиваем процессы по их целям. С другой стороны, возможно кроме получения газа иметь основной целью также и получение побочных продуктов. Установки для выделения летучих, т. е. коксовальные и полукоксовальные печи (швеление), не являются газогенераторами. Получение горючих газов из жидких топлив также не является газификацией, хотя аппараты для этого и называются газификаторами, так как по существу здесь в большинстве случаев мы имеем дело только с парообразованием жидких горючих или с их простейшим расщеплением. К этой группе относятся установки для нефтяного газа, а также устройства для карбюрирования горючих газов, сходные по конструкции с газогенераторами.

Остается уточнить в первую очередь вопрос о том, что понимать под термином газификация (*Vergasung*) в отличие от термина дегазирование (*Entgasung*) — выделение летучих при нагревании; оба понятия весьма часто применяются в технической литературе не вполне правильно, так как их связывают в одно общее понятие газообразования (газования).

С у х а я п е р е г о н к а (*Entgasung*) сводится к процессу расщепления легко разложимых частей натурального топлива, происходящему при нагревании его без доступа воздуха (или вернее без доступа кислорода в какой бы то ни было форме). Общим наименованием битумов (отсюда битуминозные угли) обозначают именно те составные части топлив, которые при незначительном нагреве могут быть выделены из топлива — битумы в узком смысле (смолы); на самом деле при этом все же имеет место довольно значительный процесс расщепления, следствием которого является одновременное образование также и газа и водяного пара. Путем соответствующих мероприятий это газообразование может быть усилено — это и является тем рабочим процессом, который применяется в городах для получения светильного и нагревательного газов. Но при этом процессе главная масса содержащегося в топливе углерода с незначительным количеством других веществ и со всей имевшейся зольностью

остаётся в твердом продукте — коксе, полукоксе и т. д., который не может перейти в газообразную форму даже при существенном повышении температуры без добавления какого-либо газообразного реагента (кислорода или водорода, воздуха или водяного пара).

Последний процесс — полное обращение в газ топлива при подводе воздуха или водяного пара или других газообразных реагентов с оставлением в твердом состоянии одной лишь золы топлива — и называют газификацией (*Vergasung*). При применении воздуха, а также водяного пара и уголекислоты, активной частью является кислород, и обычно именно этот процесс и понимают под газификацией, хотя в качестве реагента в процессе возможно применить также и водород или другие газы; в отдельных случаях вопрос о работе с последними реагентами уже прорабатывается, но технически существенного значения еще не получил¹. В большинстве случаев при этом образуются жидкие горючие (углеводороды), почему этот процесс и должен рассматриваться как одновременно граничащий и с газификацией, и с процессом сжижения.

Наконец, необходимо рассмотреть также и получение газа не из натурального топлива, а из промежуточных продуктов его термической переработки. Согласно данному выше определению эти процессы не подходят под понятие собственно газификации, хотя и имеют с ней много общего.

Химико-технические основания процесса изложены детально в разделе II. Чтобы, однако, дать предварительное представление о руководящих характеристиках упомянутых выше способов получения газа, мы приводим здесь классификацию технических газов, применяющихся как горючие газы, т. е. для целей нагрева и производства энергии. Наряду с этими техническими газами применяются для упомянутых целей, правда, только в редких случаях, отходящие газы химической промышленности, которые в таком случае чаще всего подводятся под какой-либо из приведенных видов газа, если, конечно, дело не идет о каком-либо более или менее чистом газообразном соединении. Далее, применяются для этих же целей и природные газы; последние также образуются из твердых или жидких топлив и, как правило, являются поэтому сходными с дистилляционными газами. Сюда относятся: собственно естественный газ (глубиннопородный), болотный газ, рудничные газы (гремучий газ), газы сопок и т. д., из которых, впрочем, только первый встречается в больших количествах и поэтому имеет техническое применение.

Техническиготавливаемые виды газов могут быть классифицированы, как показано в табл. 1.

Состав важнейших и известнейших видов первых трех групп газов приведен в табл. 2, причем необходимо заметить следующее:

Состав газа колеблется в широких границах в зависимости от характера применяемого топлива, но в общем, как видно из сопо-

¹ Применение водорода дает возможность получить из твердых топлив весьма ценные жидкие горючие по методу Берггуса (бергинизация) и др. См. H. Wölbling, *Die Hydrierung der Brennstoffe und ihrer Destillationsprodukte* (русский перевод под редакцией и с дополнен. Н. А. Орлова, 1932); I. Bauer, *Die Kohlen u. Oelhydrierung*, 1932. Ред.

ставления, **сильные (богатые) газы** имеют теплотворную способность около 4 000—7 000 *кал*, **полноценные газы**—2 000—3 000 *кал* и **слабые (бедные) газы**—750—1 500 *кал* (на 1 м³). Прочие две группы не имеют определенных границ, так как их состав в зависимости от типа процесса и вида топлива колеблется весьма широко; их состав поэтому не является характерным для их классификации.

Таблица 1

Классификация технических горючих газов

Г р у п п а	Р о д	В и д
А. Богатые (сильные) газы	а) Швельгаз б) Коксовый газ	— Газ коксовых печей, светильный
Б. Бедные (слабые) газы	а) Воздушный газ б) Генераторный газ (полугаз) в) Паровой газ г) Регенеративный газ	Мартеновский газ, доменный газ, Газ из всасывающего генератора Газ Монда Регенеративный эссенский газ, регенеративный доменный газ
В. Полноценные газы (безбалластные)	а) Водяной газ б) Двойной газ в) Кислородный газ	Двойной газ по Штрахе Тройной газ, газ Лейвас
Г. Нефтяные газы	а) Насыщенный газ б) Карбюрированные газы	Газ Гантера, газ Бенца, аэрогеновый газ, блаугаз Карбюрированный водяной газ, газ из нефтяной смолы
Д. Чистые газы	—	Ацетилен

А. Сильные (богатые) газы получают из твердых топлив путем дистилляции (перегонки) без доступа воздуха, вследствие чего они характеризуются отсутствием азота (практически, конечно, очень малым содержанием) и незначительным содержанием кислородных соединений (зависящим только от содержания кислорода в топливе); газы состоят, главным образом, из углеводородов и в зависимости от температуры процесса перегонки из большего или меньшего количества водорода. Можно здесь различать:

а) **Ш в е л ь г а з ы** — получают при низкой температуре (около 500°), преимущественно состоят из углеводородов ¹.

¹ Нагревание угля при более низкой температуре (280—340°, бертинирование) не дает горючего газа; при этом выделяется преимущественно Н₂О, СО₂ и Н₂S, но топливо (особенно бурые угли) значительно обогащается углеродом («карбоцит»). Р е д.

Таблица 2

Средний состав, теплопроизводительность и выходы технических газов

Г р у п п а	Р о д г а з а	Средний состав						Удельный вес (воздух=1)	Наша тепло- производи- тель- ность <i>кал/м³</i>	Наша тепло- производи- тель- ность <i>кал/кг</i>	Выход из		Теплопроизвод. газа, приходящ. на 1 <i>кг</i> каменн. угля, <i>кал/кг</i>
		CO ₂	CO	CH ₄	C _n H _m	H ₂	N ₂				камен- ного угля	кокса	
Богатые (сильные) газы	Шлейф-газ из каменного угля	3	7	48	13	27	2	0,58	6 900	9 100	100	—	700 ¹
	Светильный газ	2	8	32	4	51	3	0,40	5 000	9 700	340	—	1 700 ¹
	Коксовый газ	2	8	29	4	50	7	0,42	4 800	8 800	320	—	1 550 ¹
Полноценные газы	Водяной газ	5	42	0,5	—	49	3	0,52	2 600	3 900	—	1 400	4 250 ²
	Двойной газ	7	28	8	0,6	45	11	0,56	2 800	3 900	1 500	—	4 200
Бедные (слабые) газы	Воздушный газ	5	23	3	0,2	6	62	0,92	1 140	960	4 000	—	4 550
	Доменный газ	8	28	—	—	4	60	0,99	950	750	Побочный продукт		4 350 ²
	Газ из всасывающего ге- нератора	7	22	0,5	—	18	52	0,33	1 180	1 100	—	3 200	5 500
	Генераторный газ	3	28	3	0,2	12	54	0,86	1 450	1 300	3 750	—	5 500
	Газ Монда	16	12	4	0,3	25	43	0,82	1 400	1 325	4 000	—	5 500

¹ При этом главная часть теплоотворной способности топлива остается в коксе или полукоксе.² Принятый выход 700 кг кокса из 1 000 кг угля и считан затрату 1 700 кал/кг при этом превращения.