

Добрый день.

Ознакомьтесь, пожалуйста с дополнительной информацией к проекту тепло - электростанции.

Начну с информации, которая покажет реальность получения коммерческой выгоды от проекта. Для производства кислорода и водорода на текущем интервале времени мной выбрана установка ЭУ-2/3.2 производимая ООО «Электролизные технологии»:

ссылка: <http://vodo-rod.ru/ustanovka-dg.html>

скрин:

Технические характеристики установок по производству водорода типа ЭУ

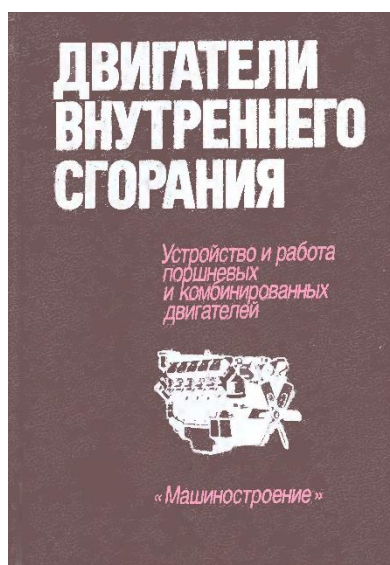
Модель	Производительность по водороду, м ³ /ч	Производительность по кислороду, м ³ /ч	Рабочее давление, мПа	Чистота водорода, %	Чистота кислорода, %	Сила тока, А	Напряжение на электролизёре, В	Энергопотребление, кВт·ч/м ³	Меж-ремонтный ресурс	Длина x Ширина x Высота, мм	Масса, кг
ЭУ-2/3.2	2	1	3,2	≥99,8	≥99,3	500	28	≤4,7	10	2000×1500×3200	1300
ЭУ-5/3.2	5	2,5	3,2	≥99,8	≥99,3	500	48	≤4,6	10	2000×1500×3200	1500
ЭУ-10/3.2	10	5	3,2	≥99,8	≥99,3	920	52	≤4,6	10	2000×1500×3200	2200
ЭУ-20/3.2	20	10	3,2	≥99,8	≥99,3	1670	58	≤4,5	10	2000×1500×3200	3800
ЭУ-30/3.2	30	15	3,2	≥99,8	≥99,3	1670	86	≤4,5	10	2000×1500×3200	4500
ЭУ-40/3.2	40	20	3,2	≥99,8	≥99,3	2480	78	≤4,4	10	2500×1500×3500	6500
ЭУ-50/3.2	50	25	3,2	≥99,8	≥99,3	2480	94	≤4,4	10	2500×1500×3500	7500
ЭУ-60/3.2	60	30	3,2	≥99,8	≥99,3	2480	114	≤4,4	10	2500×1500×3500	8600
ЭУ-80/1.6	80	40	1,6	≥99,8	≥99,3	4600	80	≤4,3	10	3000×1700×5200	8500
ЭУ-100/1.6	100	50	1,6	≥99,8	≥99,3	4600	102	≤4,3	10	3000×1700×5200	10000
ЭУ-150/1.6	150	75	1,6	≥99,8	≥99,3	4600	156	≤4,3	10	3000×1700×5200	12000
ЭУ-200/1.6	200	100	1,6	≥99,8	≥99,3	6600	142	≤4,2	10	3000×1700×5200	15000
ЭУ-250/1.6	250	125	1,6	≥99,8	≥99,3	6600	174	≤4,2	10	3400×1900×4320	18000
ЭУ-300/1.6	300	150	1,6	≥99,8	≥99,3	6600 (8200)	210(170)	≤4,1	10	3400×1900×4320	25000
ЭУ-350/1.6	350	175	1,6	≥99,8	≥99,3	6600 (8200)	242(196)	≤4,1	10	3400×2200×4320	28000
ЭУ-400/1.6	400	200	1,6	≥99,8	≥99,3	6600 (8200)	276(224)	≤4,1	10	3500×2200×4320	30000
ЭУ-500/1.6	500	250	1,6	≥99,8	≥99,3	8200	280	≤4,1	10	3700×2200×5160	40000
ЭУ-800/1.6	800	400	1,6	≥99,8	≥99,3	10200	376	≤4,1	10	4500×2700×6300	49200
ЭУ-1000/1.6	1000	500	1,6	≥99,8	≥99,3	10200	468	≤4,1	10	5000×2700×6500	61500

Возможно существуют и более эффективные установки, но о них не я знаю и поэтому рассматриваю ЭУ-2/3.2.

Выбраны такие параметры ЭУ-2/3.2 для дальнейшего анализа (см. таблицу выше):

- производительность по водороду 2 куб. м в час;
- рабочее давление 3,2 мПа;
- напряжение питания 28 В;
- потребляемый ток 500 А;
- энергопотребление, кВт·ч/м³ не более 4,7

Далее по тексту принимаем мощность электрогенератора нашей электростанции с ЭУ-2/3.2 в 14 кВт. Это необходимо для обеспечения электропитания ЭУ. Чтобы вращать нагруженный генератор 14 кВт нужен двигатель 20 л.с. **Если двигателю внутреннего сгорания хватит производительности по водороду 2 куб. м в час при давлении 3,2 мПа, значит установка сможет работать сама на себя потребляя только воду.** Для сравнения и расчётов ищем информацию о потреблении бензина и водорода в ДВС. Находим книгу:



И страницы из этой книги:

В состав жидких топлив входят углеводороды с различным числом атомов углерода в молекуле. В бензинах встречаются углеводороды с числом атомов углерода до 12, в дизельных топливах — до 30, в тяжелых дизельных топливах — до 70 и выше.

Разнообразие свойств углеводородов в каждой группе обусловлено их молекулярной массой и структурой молекул. С ростом молекулярной массы повышаются плотность, вязкость, а также температура плавления и кипения углеводорода. Определение количества отдельных углеводородов, входящих в состав топлива, представляет собой весьма сложную задачу. В большинстве случаев ограничиваются групповым химическим и элементарным составом топлива.

Групповой химический состав характеризует процентное содержание в топливе углеводородов различных групп, определяющих его физико-химические и эксплуатационные свойства.

Элементарный состав показывает содержание в топливе отдельных элементов. Нефтяное жидкое топливо состоит в основном из углерода С (85...87%), водорода Н (12,5...14,7%) и относительно небольшого объема кислорода О (0...0,5%). Иногда в топливе содержатся сера S (2...5%) и азот N.

Если содержание отдельных элементов в 1 кг топлива выразить массовыми долями и обозначить их символами соответствующих элементов, то получим

$$C + H + O + S + N = 1.$$

При незначительном содержании О, S и N этими элементами часто пренебрегают. Элементарный состав жидких топлив для двигателей внутреннего сгорания приведен в табл. 2.

Зная элементарный состав топлива, можно произвести тепловой расчет рабочего процесса. При отсутствии данных непосредственного определения H_u ее величину подсчитывают по формуле Д. И. Менделеева:

$$H_u = 33,913C + 102,995H - 10,885(O - S) - 2,512\omega,$$

где ω — доля воды, содержащейся в 1 кг топлива.

В приведенной выше формуле коэффициенты, которые стоят перед массовыми долями элементов, не равны теплоте сгорания этих элементов.

Конструкция двигателя и организация его рабочего процесса должны быть такими, чтобы при эксплуатации топлива, обладающее определенными физико-химическими свойствами, использовалось наиболее эффективно.

Физико-химические и эксплуатационные свойства топлива характеризуются оценочными показателями, которые определены государственными стандартами. Одни из этих показателей влияют на протекание рабочего цикла двигателя и надежность его работы, другие определяют возможность применения топлива в различных климатических условиях эксплуатации.

2. Элементарный состав жидких топлив для двигателей внутреннего сгорания

Топливо	Элементарный состав (средний) топлива массой 1 кг			Молярная масса m , кг/кмоль	Низшая теплота сгорания H_u , МДж/кг
	С	Н	О		
Нефтяное:					
бензин	0,855	0,145	—	110...120	44
дизельное	0,870	0,126	0,004	180...200	42,5
тяжелое дизельное	0,870	0,125	0,005	220...280	41,8
Спирт:					
метанол CH_3OH	0,375	0,125	0,5	32	19,95
этанол C_2H_5OH	0,520	0,130	0,350	46	27,72

4. Основные показатели компонентов газообразных топлив при значениях температуры 15 °С и давления 101,3 кПа

Показатели	Метан СН ₄	Этан С ₂ Н ₆	Про- пан С ₃ Н ₈	Бутан С ₄ Н ₁₀	Пентан С ₅ Н ₁₂	Этилен С ₂ Н ₄	Про- пилен С ₃ Н ₆	Бути- лен С ₄ Н ₈	Водо- род Н ₂	Оксид угле- рода СО
Плотность: в парообраз- ном состоя- нии, кг/м ³	0,67	1,273	1,867	2,46	3,05	1,187	1,78	2,37	0,086	1,185
в жидком со- стоянии, кг/л	0,415	0,466	0,51	0,58	0,626	0,58	0,522	0,6	0,071	—
Температура кипения, °С	-161,6	-88,6	-42,2	-0,5	36	-103,5	-47	1,4	-253	-190
Теплота испаре- ния, МДж/кг	0,513	—	0,431	0,394	—	0,481	0,431	0,410	—	—
Низшая теплота сгорания, МДж/м ³	33,869	60,039	85,766	111,699	137,913	55,601	81,195	107,035	10,228	12,037

ные газы, а также газы, получаемые из твердых топлив путем их газификации.

Газообразное топливо является механической смесью различных горючих и инертных газов. В общем случае химическую формулу любого содержащего углерод С, водород Н и кислород О горючего или негорючего компонента, входящего в состав газообразного топлива, можно представить в виде $C_nH_mO_r$. Например, при $n=1$, $m=0$ и $r=2$ получим формулу углекислого газа CO_2 ; при $n=2$, $m=6$ и $r=0$ — химическую формулу этана C_2H_6 ; при $n=0$, $m=2$ и $r=0$ — химическую формулу водорода H_2 и т. д.

Если отдельные компоненты газообразного топлива в 1 кмоль (или 1 м³) при температуре 0 °С и давлении 101,3 кПа выразить в объемных долях и обозначить их химическими символами этих компонентов, то состав топлива определится следующим образом:

$$\sum C_nH_mO_r + N_2 = 1.$$

При отсутствии данных непосредственного определения теплоты сгорания газо-

образного топлива ее подсчитывают по формуле

$$(H_u)_{см} = \sum (C_nH_mO_r)_i H_{ui},$$

где $(C_nH_mO_r)_i$ — объемная доля i -го компонента в 1 м³ газообразного топлива; H_{ui} — низшая теплота сгорания 1 м³ i -го компонента при температуре 15 °С и давлении 101,3 кПа.

Основные показатели компонентов газообразных топлив приведены в табл. 4.

Наибольшее применение в качестве топлива получили природные газы и газы, сопутствующие добыче и переработке нефти. Основным компонентом природных газов является метан CH_4 , содержание которого достигает 98 %. Нефтяные попутные газы состоят главным образом из пропана и бутана.

Газообразные топлива обладают такими же эксплуатационными свойствами, что и бензины. По сравнению с бензином процесс образования горючей смеси из газа и воздуха более совершенен, так как оба компонента находятся в одинаковом агрегатном состоянии. Это обеспечивает устой-

Затем находим ссылку: <https://studopedia.org/4-59306.html>. На страничке рассматриваются судовые дизели. Их режим работы аналогичен тому который имеет место быть в нашей электростанции. Со странички по ссылке берём следующую информацию:

Удельный расход топлива двигателя с турбонаддувом

Отношение мощностей двигателя $P_e/P_{гном}$

$g_e = g_i \cdot \eta_m$ то есть эффективный расход топлива больше индикаторного расхода на величину механических потерь в двигателе

Индикаторный и эффективный расходы топлива для судовых дизелей равны:

Индикаторный g_i : Главные Вспомогательные

в кг/квт·ч 0,165—0,185 0,175—0,200

в кг/л. с. ч 0,120—0,135 - 0,130—0,145

эффективный g_e

в кг/квт·ч 0,200—0,225 0,220—0,250

в кг/л. с. ч 0,145—0,165 0,160—0,180

На данный момент достигнут самый низкий удельный эффективный расход топлива на двигателе Wartsila - Sulzer RTA FLEX 96 мощностью 108000 л.с с электронной системой управления подачи топлива в цилиндры (COMMON RAIL). Удельный же расход топлива на всех режимах колеблется в районе 118-126 грамм на лошадиную силу в час; что в 1,5-2,5 раза ниже, чем у автомобильных дизелей.

Следовательно, обычный автомобильный дизельный движок расходует в час на одну л. с. не более

$126 * 2,5 = 315(\text{г})$ – специально выбираем самый худший показатель, т.е. коэффициент 2,5 для обычного движка.

Бензин легче дизельного топлива. Поэтому если эти 315г применить к менее экономичному бензиновому ДВС который нужен для нашей электростанции получится вполне правильно. Переводим граммы в литры и получаем для плотности бензина значение $750 \text{ кг/куб.м} = 750 \text{ г/л}$

$315:750=0,42 (\text{л})/\text{л. с.}$ – потребление топлива для бензинового движка, самого плохого.

Наш движок 20 л. с. который не отличается экономичностью за один час употребит

$20 * 0,42 = 8,4$ л бензина,

которые создадут

$8,4 * 44 = 369,6$ мДж теплоты.

Чтобы создать такое же количество теплоты потребуется водорода при температуре 15 градусов Цельсия и давлении 101,3 кПа:

$369,6/10,228 = 36,14$ куб.м

Но поскольку рабочее давление ЭУ равно 3,2 мПа, а в расчёте 101,3 кПа ИМХО нужен поправочный коэффициент. Я не знаю, как точно его посчитать, поэтому просто разделю:

$3200/101,3 = 31,59$

Следовательно, из рассматриваемого электролизёра потребуется водорода

$36,14/31,59 = 1,144$ куб.м

Допустим, коэффициент определён неверно. Однако судя по цифрам расчёт укладывается в производительность ЭУ 2 куб.м/час по водороду.

Следовательно,

ЛЮБОЙ ДВС В РАССМАТРИВАЕМОЙ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ОБЕСПЕЧИТ САМ СЕБЯ НЕОБХОДИМЫМ КОЛИЧЕСТВОМ ВОДОРОДА И БУДЕТ ПОЛЕЗЕН КАК ГЕНЕРАТОР ПАРА С ТЕМПЕРАТУРОЙ 500 – 1000 (ИЛИ ВЫШЕ) ГРАДУСОВ ЦЕЛЬСИЯ. ЭТОТ БЕСПЛАТНЫЙ ПАР МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛЬЯ, ТЕПЛИЦ И Т.П. ОХЛАЖДЁННЫЙ ПАР - КОНДЕНСАТ МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ СКОЛЬКО УГОДНО РАЗ ПОЛУЧИВ СОВСЕМ НЕБОЛЬШИЕ ПОТЕРИ ВОДЫ В СИСТЕМЕ.

Улучшение экономичности ДВС высвободит определённое количество электроэнергии, т.е. понадобится менее мощная ЭУ при уже имеющемся электрогенераторе. Разницу электрической мощности можно отдавать в полезную нагрузку.

Далее рассчитаем какую же максимальную электрическую мощность можно получить, используя официальный самый эффективный ДВС (см. выше).

Чтобы не сильно напрягаться примем допущение, которое не особо заметно повлияет на наши расчёты. Допускаем что движок Wartsila - Sulzer RTA FLEX 96 мощностью 108000 л.с. с электронной системой управления подачи топлива в цилиндры (COMMON RAIL) - бензиновый. Напоминаю, что у него удельный расход топлива на всех режимах колеблется в районе 118-126 граммов на лошадиную силу в час; что в 1,5-2,5 раза ниже, чем у автомобильных дизелей. Принимаем максимальное значение – 126 граммов на лошадиную силу в час, допустив, что это бензин.

$126:750=0,168 (\text{л})/\text{л. с.}$ – потребление топлива для бензинового движка, самого лучшего.

Наш движок 108000 л. с. который отличается экономичностью за один час употребит

$108000 \cdot 0,168 = 18144$ л бензина, которые создадут

$44 \cdot 18144 = 798336$ мДж теплоты.

Чтобы создать такое же количество теплоты потребуется водорода при температуре 15 градусов Цельсия и давлении 101,3 кПа:

$798336 / 10,228 = 78053,97$ куб.м

Но поскольку рабочее давление ЭУ равно 1,6 мПа, а в расчёте 101,3 кПа ИМХО нужен поправочный коэффициент. Я не знаю, как точно его посчитать, поэтому просто разделю:

$1600 / 101,3 = 15,795$

Следовательно, из рассматриваемого электролизёра потребуется водорода

$78053,97 / 15,795 = 4941,792$ куб.м

Выбираем ЭУ-1000/1.6 (см. таблицу выше):

- производительность по водороду 1000 куб. м в час;
- рабочее давление 1,6 мПа;
- напряжение питания 468 В;
- потребляемый ток 10200 А;
- Энергопотребление, кВт·ч/м³ не более 4,1

Опять, исходя из худшего варианта, перемножаем вольты и амперы и получаем 4773,6 кВт. Таких установок потребуется 5 штук. Их общая мощность составит:

$4773,6 \cdot 5 = 23868$ кВт

Движок Wartsila - Sulzer RTA FLEX 96 мощностью 108000 л.с. то же самое что 79433,87 кВт

Доступная для нагрузки **бесплатная мощность** равна

$79433,87 - 25548,31 = 55565,87$ кВт

И это как дополнение **к бесплатному теплу**. То есть уже сегодня можно в кратчайшие сроки создать экологически чистую электростанцию в любом месте где достаточно воды или льда. Причём, любой мощности на основе энергетических ячеек с движком Wartsila - Sulzer RTA FLEX 96 мощностью 108000 л.с. 1 шт. и ЭУ-1000/1.6 5 шт., объединяя их.

Надеюсь, что теперь у Вас нет сомнений в состоятельности проекта даже без применения специального ДВС.

Создание более экономичных ДВС увеличит эффективность таких теплоэлектростанций по количеству вырабатываемой электроэнергии. Одним из вариантов может стать поршневой двигатель Степанова (ПДС), см. ссылку:

<https://sites.google.com/site/stepanovspistonengine/>

ПДС в 2-3 раза увеличит отдачу электроэнергии в нагрузку по сравнению с наиболее экономичными из существующих поршневых ДВС (по предварительным расчётам).