

## Wyniki badania Elektrowni Stowarzyszenia Techników w Warszawie.

Nowa elektrownia Stowarzyszenia Techników w Warszawie, uruchomiona w końcu 1906 r., poddana została gruntownym badaniom w celu stwierdzenia, czy gwarancje zapewnione przez dostawców zostały dotrzymane należycie. W tym celu utworzona została komisja z członków Stowarzyszenia, która po przedyskutowaniu programu, opracowanego przez autorów sprawozdania niniejszego, przystąpiła w lipcu 1907 r. do wykonania prób z silnikami elektrowni.

W elektrowni Stow. Techników mieszczą się dwa jednakowe silniki o mocy 35 k. p. każdy (średnica cylindra 350 mm, skok tłoka 500), pracujące zwykle gazem ssanym, które jednak mogą być przystosowane i do gazu miejskiego. Silniki sprowadzono z fabryki motorów gazowych w Deutz, a gazownie do nich zostały wykonane według rysunków deutzowskich w Warszawie przez fabrykę maszyn Stanisław Patschke i S-ka. Sprzężone są bezpośrednio z dynamomaszynami prądu stałego o napięciu 110 woltów, dostarczonymi przez Towarzystwo Siemens-Schuckert. Prąd wytwarzany w dynamomaszynach idzie wprost do sieci gmachu Stowarzyszenia lub też służy do ładowania baterii akumulatorów. Wobec tego, że tworniki dynamomaszyn umieszczone są obok kół zamachowych, wprost na wale silników, postanowiono obciążać silniki elektrycznie i w celu określenia wielkości tych obciążeń obiedwie dynamosmary zostały przed próbami ściśle zbadane w sposób poniżej opisany.

Badania elektrowni trwały bez przerwy od 26 czerwca do 12 lipca, przyczem z początku przeprowadzone zostały próby elektryczne, następnie pierwszy z silników oznaczony numerem fabrycznym 42194 próbowany był w ciągu 6 dni, drugi zaś (№ 42193) w ciągu 3-ch dni, a mianowicie:

Data	№ silnika	Początek próby	Koniec próby	Paliwo	Obciążenie
Lipiec 1907		po połud.	noc		
3	42194	—	—	antracyt	Zwykle na stacyi (próba przygotowawcza).
4	"	3 <sup>50</sup>	1 <sup>52</sup>	"	Pełne (100%).
5	"	4 <sup>01</sup>	12 <sup>47</sup>	"	3/4 pełnego (75%).
6	"	3 <sup>40</sup>	12 <sup>50</sup>	"	1/2 " (50%).
7	—	—	—	—	Określenie przepałki podczas postoju gazowni.
8	42194	3 <sup>35</sup>	10 <sup>00</sup>	"	Badanie zmian obciążenia.
9	"	5 <sup>08</sup>	11 <sup>38</sup>	gaz miejski	Bieg luzem, 1/4, 1/2, 3/4 i pełne największe.
10	42193	3 <sup>45</sup>	9 <sup>30</sup>	antracyt	Pełne (próba przygotowawcza).
11	"	3 <sup>40</sup>	12 <sup>50</sup>	"	Pełne (próba przygotowawcza).
12	"	3 <sup>40</sup>	12 <sup>55</sup>	koks	Pełne (próba przygotowawcza).

Badanie paliwa dokonane zostało przez d-ra L. Nowakowskiego w Centralnem Laboratorium Cukrowniczym z następującym wynikiem:

Skład chemiczny:	Antracyt	Koks
Węgla (C). . . . .	86,16 %	82,26 %
Wodoru (H) . . . . .	3,15 "	1,05 "
Siarki (S) . . . . .	1,52 "	0,57 "
Popiołu . . . . .	5,28 "	9,38 "
Wody hygroskopijnej . . . . .	1,44 "	4,83 "
Azotu i tlenu (N+O) z różnicy . . . . .	2,45 "	1,91 "

Użyteczna wartość opałowa:

z powyższą zawartością wody . 7817,6 j. c. 6894,0 j. c.	
suchego . . . . .	7940,4 " 7272,8 "

Zużycie paliwa, smaru i wody chłodzącej:

Próba dokonana w lipcu d.		4	5	6	11	12	
Czas trwania obciążenia godzin		7,75	8	7,9	8	8	
Ogólne zużycie (brutto) . . <i>kg</i>		129	109	91,4	132	152	
Otrzymało żużli i popiołu . <i>kg</i>		15	14	7,6	17	—	
Ilość części spalonych (netto) <i>kg</i>		114	95	83,8	115	—	
Średnia wydajność dynamo kw .		21,3	17,0	11,1	21,3	20,1	
Ogólna „ „ kw/g.		165,0	136,0	87,8	170,4	160,6	
Średnia „ silnika MK		35,1	27,5	18,1	34,9	33,0	
Ogólna „ „ MK/g.		272,0	220,0	143,0	279,3	264,0	
Średnia liczba obrotów wału na minutę . . . . .		191,9	193,9	194,4	193,7	191,1	
Z u ż y c i e	paliwa	brutto na 1 kw/g. . . <i>kg</i>	0,782	0,801	1,039	0,775	0,948
		netto „ „ „ . „	0,691	0,698	0,955	0,675	—
		brutto „ 1 MK/g. . „	0,474	0,497	0,639	0,473	0,576
		netto „ „ „ . „	0,418	0,432	0,585	0,412	—
	smaru	ogólne . . . . . <i>cm</i> <sup>2</sup>	712	620	565	664	752
		na 1 kw./g. . . . . <i>g</i>	3,88	4,06	5,77	3,51	4,20
		„ 1 MK/g. . . . . <i>g</i>	2,36	2,52	3,54	2,13	2,56
	wody	dla silnika . . . . <i>kg/g.</i>	921	869	726,5	—	—
		na 1 kw/g. . . . „	43,2	51,1	82,7	—	—
		„ „ MK/g. . . . „	26,2	31,5	40,2	—	—
		ilość jednostek ciepła unoszonych MK/g.	904	978	1265	—	—

Analiza 2-ch gatunków smaru, używanych podczas prób, dokonana przez d-ra L. Nowakowskiego, dała wyniki następujące:

Gatunek	specjalny	zwykły (próba d. 10/VII).
Barwa . . . . .	czerwony, opalizuje	?
Zapach . . . . .	naftowy	naftowy
Płynność . . . . .	lekkopłynny	lekkopłynny
Ciepota właściwa . . . . .	0,905	0,905
Punkt zapłnienia . . . . .	216° C.	183° C.
" zapalności . . . . .	277° C.	235° C.
Smarność przy 50° C. . . . .	5,3	5,0
Kwasy mineralne . . . . .	nie znaleziono	nie znaleziono
" organiczne (SO <sub>3</sub> ) . . . . .	0,028	0,066
Żywiec . . . . .	nie znaleziono	znaleziono
Wody . . . . .	"	nie znaleziono
Popiołów . . . . .	0,1	0,22

Analiza popiołu wygarniętego z popielnika gazowni w d. 11 lipca 1907 r. (zrobiona przez d-ra L. Nowakowskiego):

Wody . . . . .	0,40 %
Strata w ogniu (węglu) . . . . .	80,19 "
Popiołu . . . . .	19,38 "
Analiza żużla z antracytu z tegoż dnia (zrobiona przez d-ra L. Nowakowskiego):	
Wody hygroskopijnej . . . . .	0,14 %
Strata węgla (C) w ogniu . . . . .	5,81 "

Zwrócić należy uwagę, że cyfry, podane w tablicy zużycia paliwa i smaru, są ściśle. Pomiar dokonany został w myśl przepisów przeprowadzania prób silników spalinowych ogłoszonych w roku 1906 przez Związek Inżynierów niemieckich<sup>1)</sup>, a mianowicie, że lej zasypowy gazowni (ewentualnie smarownice) przy rozpoczęciu próby był napełniony i przy końcu próby poziom paliwa doprowadzony został do stanu początkowego. Jako zużycie przyjęto całkowitą ilość paliwa zasypanego do leja (ewentualnie smaru do smarownice). Istotną ilość paliwa, zamienioną w gaz, była mniejsza wobec tego, że popiół i żużel, jak widać z analiz, zawierał w sobie niezużyte części węgla. Wobec tego należy twierdzić, że ilość paliwa

<sup>1)</sup> Por. „Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure“ 1906 r., str. 1923 - 1928.



rzeczywiście zużytego nie była większa, niż zużycie brutto, a mniejsza, niż zużycie netto. Jako wynik praktyczny należy jednak przyjmować cyfry pierwsze, t. z. większe, ponieważ nie można przypuszczać by żużel i popiół były sortowane i powtórnie użyte w gazowni.

Podana ilość smaru jest mniejsza od istotnej dlatego, że uwzględnia tylko smar zużyty w oliwiarkach, natomiast łożyska główne, zaopatrzone w smarowanie pierścieniowe, grzebienie tarcz, trzony zaworów również są smarowane, lecz ilość w tym celu zużytego smaru jest nieuchwytna. Natomiast ciekawe są cyfry zużycia smaru (średnie z 5 prób), przez poszczególne części ruchome silnika, dla których kontrola była niezależnie przeprowadzona.

Czop korbowy . . . . .	26,2%	} ogólnej ilości smaru.
Cylinder . . . . .	43,2%	
Czop tłokowy . . . . .	19,8%	
Łożyska wału sterującego . . . . .	10,8%	

Pomiar wody przepływającej przez płaszczyznę cylindra nie mógł być ściśle określony wobec braku wodomiaru, zasługującego na wiarę, lub też urządzeń specjalnych, które pociągnęłyby za sobą znaczne koszty. Skutkiem czego pomiar dokonywany był w następujący sposób. Co pewien przeciąg czasu wodę, wychodzącą z cylindra, ważyliśmy, a ilość minut, potrzebnych na wypłynięcie 50 kg wody, była podstawą do dalszych obliczeń. Metoda powyższa nie należy do zupełnie ścisłych, natomiast wyniki jej w praktyce można uważać jako zadowalniające.

Wobec częstych narzekania na nieprzyjemny zapach wód ściekowych z przemysłowych urządzeń, pracujących gazem ssanym, próba wody dokonana została przez d-ra EDMUNDA L. NEUGEBAUERA. Wynik badania okazał się następujący: woda o odczynie zupełnie obojętnym była przezroczysta, żółtawego odcienia ze słabym zapachem siarkowodoru. Na dnie butelki pokazała się niewielka ilość czarnego osadu (siarczek żelazawy—FeS z domieszką węgla). Woda zawierała różne substancje, które wysuszone przy 110° C. wynosiły 280 g w 1 m<sup>3</sup>. Pozostałość ta zawierała: mineralnych części 260 g, organicznych i lotnych 20 g, węglanów wapnia i magnezu (około 5° Tw. od wody), siarczanów wapnia i magnezu (około 4° Tw. wody), związków zaś amoniaku (siarczan amonu) i składników organicznych (fenole, węglowodory) pokazały się ślady.

Na zasadzie powyższych badań i porównania ze zwykłą wodą wodociagową m. Warszawy dr. E. L. NEUGEBAUER przychodzi do przekonania, że w czasie przejścia wody przez przemysł (skruber), część rozpuszczonych w wodzie dwuwęglanów wapniowców zostaje zamieniona na siarczan wapniowców. Prócz tego, woda unosi z przemysłu, w stanie rozpuszczonym, ślady siarkowodoru, związków amoniaku i niewielką ilość ciał organicznych (fenole, węglowodory), i w stanie zawieszonym—siarczek żelazawy z domieszką pyłu węglowego.

Osad ze studzienki przelewowej, zebrany podczas próby w d. 11 lipca, zbadany został przez d-ra L. NOWAKOWSKIEGO z wynikiem następującym:

węgla (strata w ogniu) . . . . .	28,73%
krzemionki (SiO <sub>2</sub> ) . . . . .	20,31
tlenku żelazowego (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) . . . . .	11,37
„ wapnia (CaO) . . . . .	0,83
„ magnezu (MgO) . . . . .	0,48
nieoznaczono (S i t. d.) . . . . .	38,28

Z kondensatora, umieszczonego pomiędzy przemysłaczem i kotłem gazowym, składającego się z szeregu blach specjalnie dziurkowanych, przez które przechodzi gaz, został zanalizowany również przez d-ra L. NOWAKOWSKIEGO. W ciągu 4-dniowej pracy silnika № 42194 zebrano osadu z blach ogółem 280 g, które w razie niezastosowania aparatu osadziłyby się na wentylach i wewnątrz cylindra. Skład osadu okazał się następujący:

wody higroskopijnej . . . . .	0,72%
ciał organicznych i lotnych . . . . .	38,48
(w tem siarki 26,31%)	
tlenku żelazowego . . . . .	52,32
„ glinowego . . . . .	2,01

Wyniki prób silnika № 42194, dokonanych w d. 9 lipca przy zastosowaniu gazu miejskiego, są następujące:

Obciążenie silnika	0	25%	50%	75%	100%	max.
Czas trwania próby min. . . . .	60	60	60	65	65	28
Obciążenie silnika MK . . . . .	—	12,0	22,9	34,5	43,0	50,2
„ dynamo w kw. . . . .	—	7,0	14,3	21,3	25,8	29,4
Wydajność silnika MK/g. . . . .	—	12,0	22,9	37,4	46,6	23,3
„ dynamo kw/g. . . . .	—	7,0	14,3	23,1	27,9	13,7
Średnia liczba obrot. na min. . . . .	209,2	201,2	195,9	196,9	195,5	190,7
Zużycie gazu w stop. sześci. . . . .						
na 1 MK i godz. . . . .	—	32,5	22,9	19,4	18,1	17,45
„ 1 kw . . . . .	—	55,25	36,8	31,6	30,3	29,8
Ogólne . . . . .	304	387	526,5	730,5	845	409

Z pozostałych danych, które zostały otrzymane, należy jeszcze wspomnieć, że:

1) Ustawienie rozrządu nie wymagało specjalnej opieki. Kurek gazowy stale był otwarty całkowicie (na znaku 10), kłapa powietrzna przy koksie na mniejszą ilość powietrza (pomiędzy znakami 1<sup>3</sup>/<sub>4</sub> do 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>), przy antracycie więcej otwarta (od 3 do 3<sup>1</sup>/<sub>2</sub>), a przy gazie świetlnym całkowicie (znak 10).

Czas przerywania zapalnicy elektrycznej ulegał, przy wszystkich paliwach, zmianie w nader wąskich granicach (od 4 do 5<sup>3</sup>/<sub>4</sub>).

2) Doprowadzenie gazowni, pozostawianej na przerwę nocną, do właściwego żarzenia, trwało około 1/2 godziny czasu, a od puszczenia w ruch silnika do pełnego obciążenia tegoż, równał się około 12 minut.

3) Puszczenie w ruch silnika odbywało się stale zapomocą powietrza sprężonego w zbiorniku (średnica 600 mm, długość 1500 mm), przy 8<sup>1</sup>/<sub>4</sub>—10<sup>1</sup>/<sub>2</sub> atm. ciśnienia; przyczem spadek ciśnienia w zbiorniku wahał się od 1/2 do 1<sup>1</sup>/<sub>4</sub> atm.

4) Wodę, chłodzącą cylinder, o temperaturze około 22° C. brano z wodociagu. Temperatura wody ściekowej z płaszcza wynosiła średnio 59° C.

5) Temperatura w izbie motorowej wynosiła od 21 do 30° C., a w pokoju gazowni dochodziła przy końcu badań do 42,5° C.

6) Temperatura wody w odparowywaczu gazowni wynosiła przeciętnie 82° C., wody zaś ściekowej z przemysłu około 42° C.

7) Podczas każdego przeczyszczania rusztów gazowni (od 3 do 6 razy) stwierdzono, że prawie zawsze ilość obrotów silnika spadała na krótki przeciąg czasu.

8) Stan ciągomierzy gazowni wykazywał następujące podciśnienia: w przewodzie pomiędzy gazownią a przemysłaczem—90 do 100 mm słupa wodnego, przy kondensatorze—150 do 160 mm i przy kurku gazowym silnika 200 do 210 mm.

9) W czasie 37-godzinnej postoju gazowni od d. 6 do 8 lipca (7-go niedziela), określono przepałąkę w gazowni w ilości ogólnej 120 kg, co wynosi na 1 godzinę postoju 3,24 kg (co odpowiada około 7 k. p. = 20% normalnej mocy silnika z odpowiednim dla pełnego obciążenia zużyciem paliwa na 1 k. p. i g.).

10) Podczas próby w d. 8 lipca badano zachowanie się urządzenia przy raptownych zmianach obciążenia. Wyniki otrzymano zadowalniające, lecz zwrócono uwagę, że czynność ta przy przejściach od biegu luzem do pełnego obciążenia wymaga bacznej uwagi maszynisty.

11) Badanie nierównomierności biegu silnika skutkiem niedostatecznie sprawnego działania cyklotromu RANSOME'A, użyczonego przez Politechnikę Warszawską<sup>1)</sup>, nie mogło być dokonane z należytą precyzją. Określenia przybliżone, zrobione tachometrem, dały współczynnik nierównomierności biegu od 1,04 do 1,56%, który ze względów elektrycznych (brak migania w lampkach) okazał się zupełnie wystarczającym.

12) W celu skontrolowania działania silników gazowych zdjęto podczas prób 97 wykresów indykatorowych, wykazujących należyty przebieg wybuchów w silnikach. Dalsze opracowanie danych, ustalonych przez wykresy, jest w toku.

(D. n.) S. J. Okolski, inż., M. Pożaryski, inż.

<sup>1)</sup> Politechnika udzieliła również dokładne wagi dziesiętne.