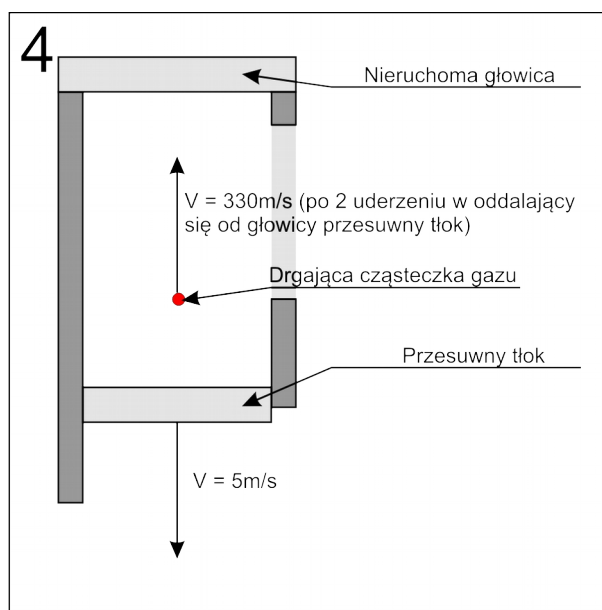
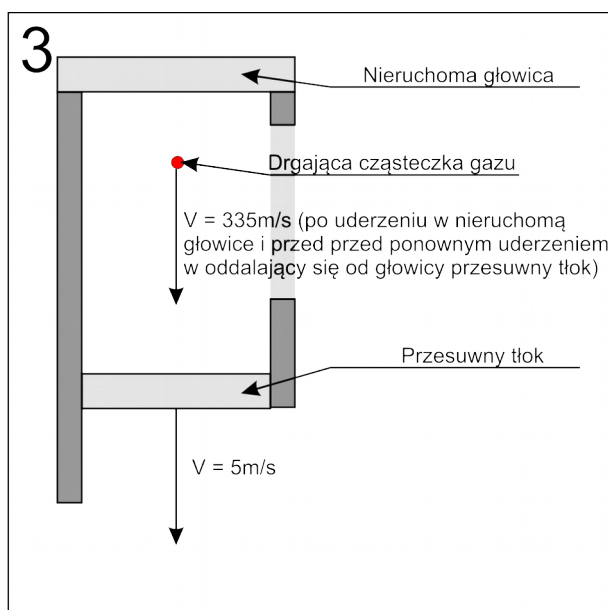
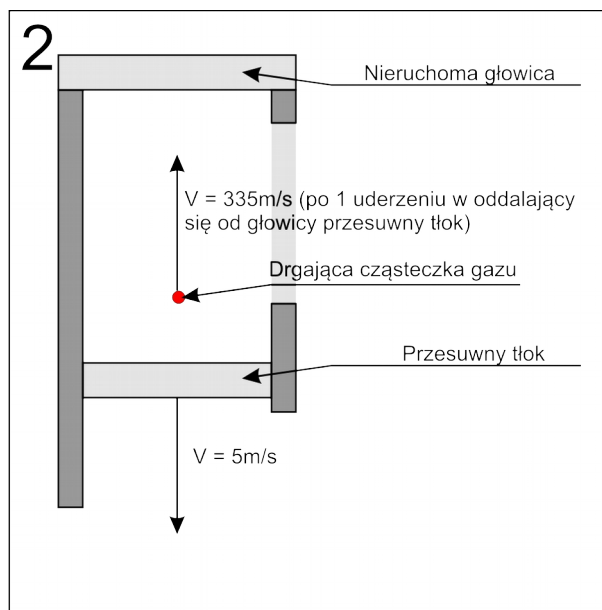
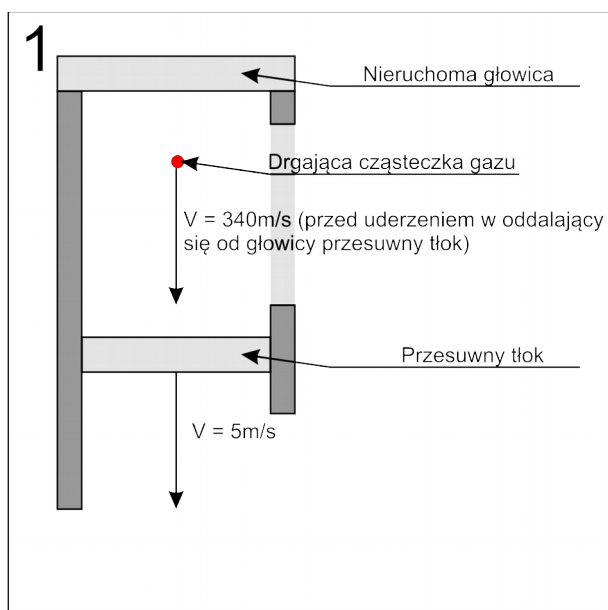


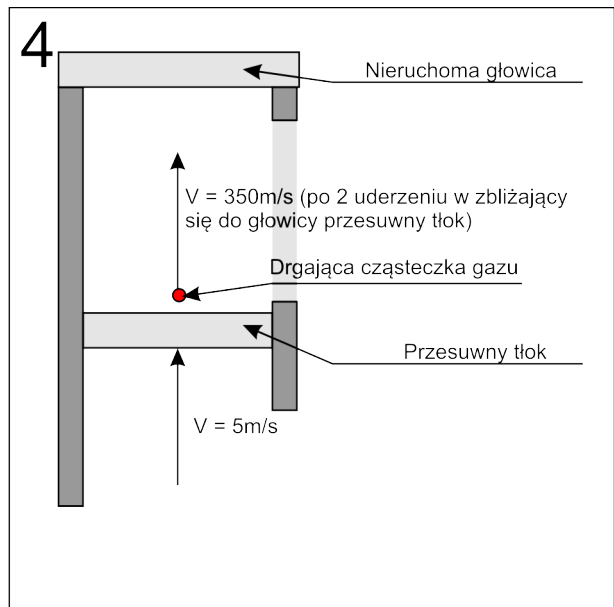
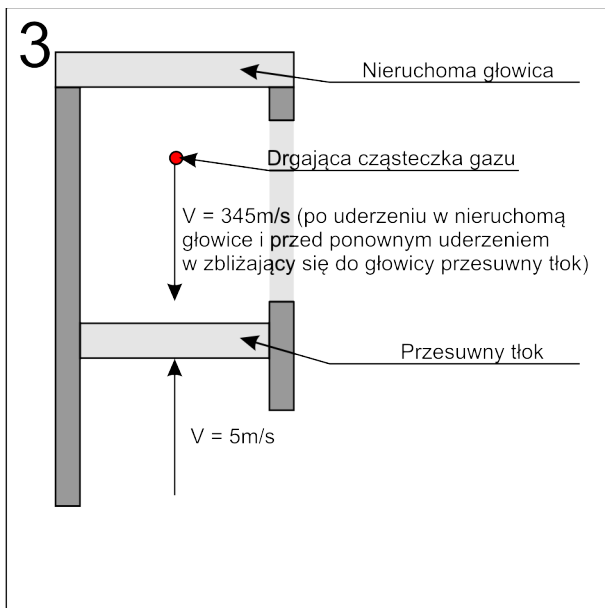
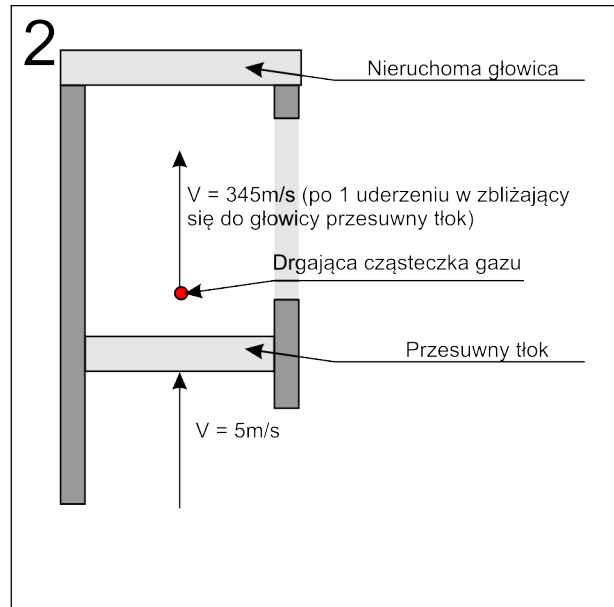
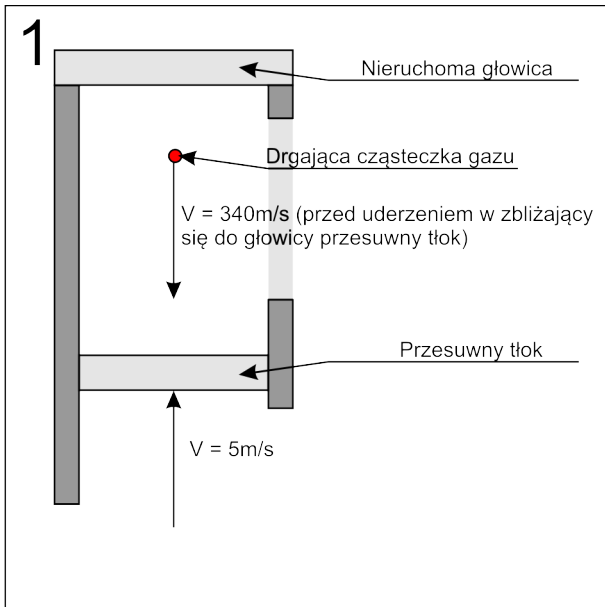
Teoria termodynamiczna zmiennych prędkości cząsteczek gazu (uzupełniona).

Założeniem teorii termodynamicznej zmiennych prędkości cząsteczek gazu jest zobrazowanie „mechanizmu”, który pozwala zrozumieć i wytłumaczyć zamianę energii termicznej na energię mechaniczną za pośrednictwem urządzeń termodynamicznych, jak również pozwala stworzyć precyzyjny obraz zależności termodynamicznych.

Poniższe rysunki przedstawiają zachowanie się cząsteczek gazu w przykładzie silnika tłokowego w fazie rozprężania kiedy to poprzez “ucieczkę” tłoka względem nieruchomej głowicy, następuje wytracanie prędkości drgania cząsteczek gazu, dając w efekcie schładzanie gazu, a w bilansie energetycznym zamianę energii cieplnej (drzających cząsteczek) na energię mechaniczną przenoszoną przez przesuwany tłok i korbowód na wał silnika.



Poniższe rysunki przedstawiają zachowanie się cząsteczek gazu w przykładzie silnika tłokowego w fazie sprężania kiedy to poprzez zbliżanie się tłoka względem nieruchomej głowicy, następuje przyrost prędkości drgania cząsteczek gazu, dając w efekcie podgrzewanie gazu, a w bilansie energetycznym zamianę energii mechanicznej dostarczanej z wału silnika poprzez korbowód na przesuwny tłok, na energię cieplną (drgających cząsteczek gazu).



Poniżej prezentuję przykład wyliczeń przyrostu temperatur (prędkości drgania cząsteczek gazu) dla silników tłokowych w których zastosowano:

1. Skok tłoka = 100 mm
2. Długość korbowodu = 125 mm
3. Prędkość obrotowa = 1.200 obr./min.
4. Stopnie sprężania = 1:11, 1:21, 1:41
5. Ciśnienie przy DMP = 1bar.

6. Prędkość drgania cząsteczek gazu przy DMP = 340m/s

Aby w pełni zobrazować zachowanie się cząsteczek gazu przyjęto 1 cząsteczkę gazu poruszającą się wyłącznie pionowo w górę i w dół (w rzeczywistości w cylindrze silnika znajduje się ogromna ilość cząsteczek gazu drgających we wszelkich możliwych kierunkach, nie mniej zawarty tu przykład na jednej cząsteczce gazu, pozwoli logicznie i w prosty sposób wykazać słuszność niniejszej teorii).

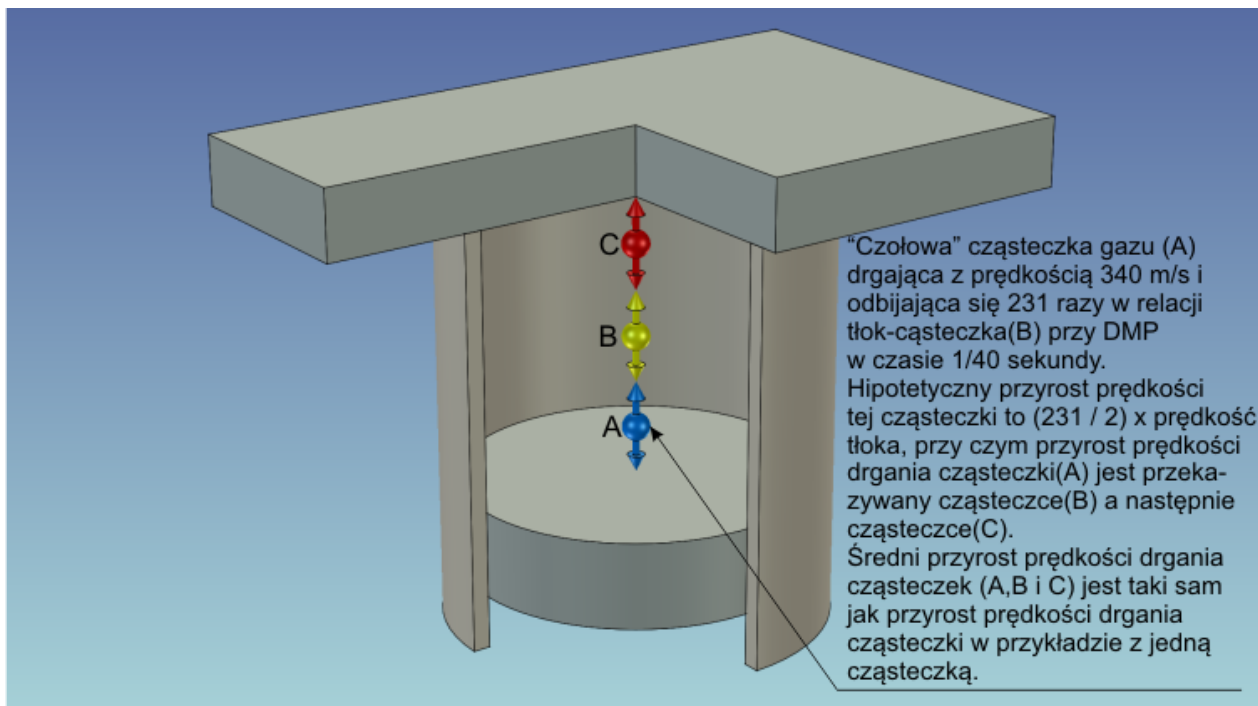
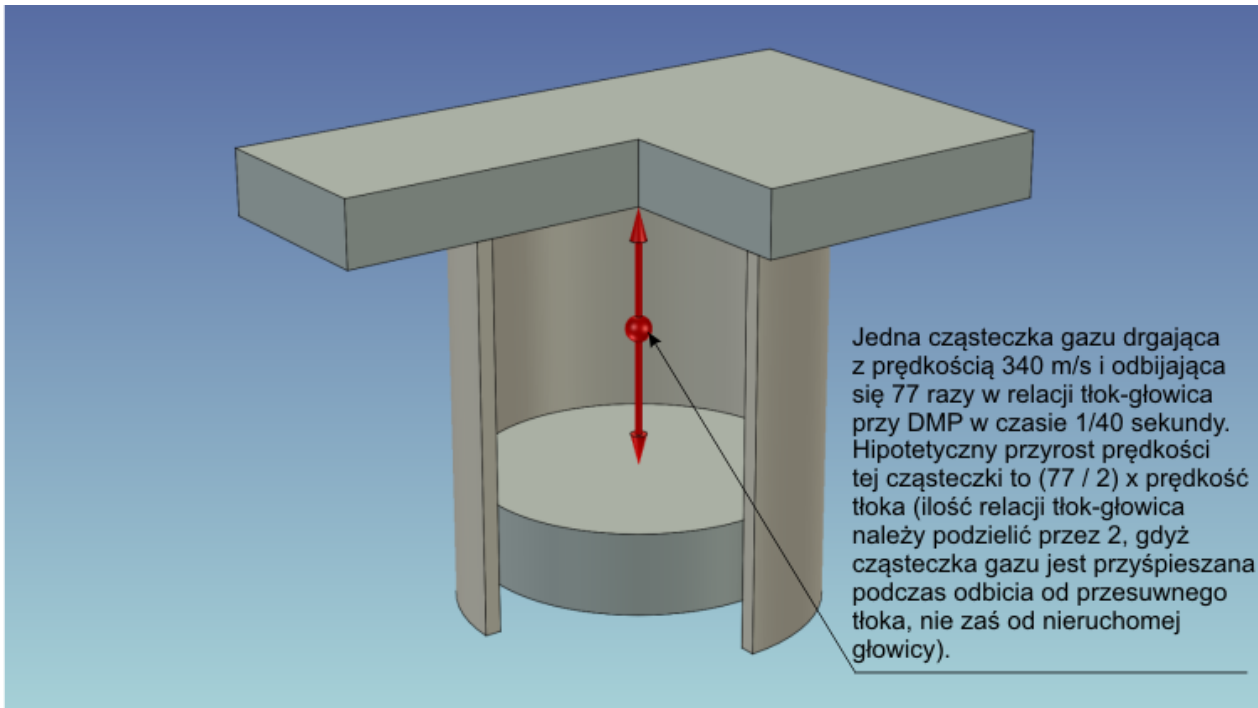
Przy prędkości obrotowej 1.200 obr./min. otrzymujemy prędkość obrotową 20 obr./s. Przy takiej prędkości obrotowej w czasie 1 sekundy tłok 20-to krotnie pokona drogę DMP-GMP-DMP, czyli 20 x 200 mm, czyli średnia prędkość tłoka to 4m/s.

W tym przypadku 1 suw sprężania trwa 1/40 sekundy, a w tym czasie drgająca hipotetyczna cząsteczka gazu z prędkością 340m/s przemierzy odległość 8,5 m, pozwala to wyliczyć, iż dla stopnia sprężania 1:11, skoku tłoka 100 mm, odległość denka tłoka od głowicy przy DMP to 110 mm, a to z kolei pozwala wyliczyć, iż w przypadku położenia tłoka przy DMP, hipotetyczna cząsteczka gazu jest w stanie w czasie 1/40 sekundy przemierzyć odległość tłok-głowica około 77 razy i za każdym uderzeniem w przesuwające się denko tłoka zmienia swoją prędkość o prędkość z jaką w danym momencie przesuwa się tłok, i jest to przyrost prędkości w przypadku sprężania, lub utrata prędkości w przypadku rozprężania. W przypadku GMP tłoka cząsteczka gazu drgająca z prędkością 340 m/s w czasie 1/40 sekundy jest w stanie przemierzyć odległość 10 mm (odległość tłok-głowica przy GMP tłoka) 850 razy. Aby stosunkowo dokładnie wyliczyć przyrost prędkości „hipotetycznej” cząsteczki gazu podczas suwu sprężania, posłużyłem się przykładem z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego, gdzie dokonałem pomiarów co 5° obrotu wału korbowego od DMP do GMP tłoka. W przykładzie tym w punktach pomiarowych uwzględniana jest zmienna odległość tłok-głowica, oraz zwiększająca się wraz ze zbliżaniem się tłoka do głowicy prędkość drgania cząsteczek. Oczywiście poniższy przykład jest schematycznym opisem tej teorii, i nie obejmuje przykładowo strat energii cieplnej (drgań cząsteczek) wypromieniowanej do: ścianek tulei cylindra, denka tłoka i głowicy z zaworami. Bardzo istotnym dla zrozumienia tej teorii jest przyjęcie, iż teoretyczne założenie rozpatrujące zachowanie się cząsteczek gazu pod postacią jednej cząsteczki poruszającej się pionowo w górę i w dół, odzwierciedla poprawnie przyrost prędkości drgania cząsteczek gazu na skutek przesuwającego się w kierunku głowicy tłoka. Aby nabrać przekonania, że to założenie jest słuszne, proszę sobie wyobrazić, iż w przedstawionym tu przykładzie denko tłoka ma powierzchnię 100 cm² co odpowiada 1.000 cm³ pojemności skokowej i 1.100 cm³ objętości cylindra przy DMP tłoka. Ilość cząsteczek gazu w tej objętości przy ciśnieniu 1 bar to około 3x10²², natomiast odległości pomiędzy drgającymi cząsteczkami gazu to około 2,1x10⁻⁷ m. Proszę sobie wyobrazić, że cząsteczki gazu są idealnie poukładane i „odbijają” się od siebie wyłącznie w relacji pionowej, przy czym „czołowe” cząsteczki na górze odbijają się od głowicy, natomiast „czołowe” cząsteczki na dole odbijają się od denka tłoka. W takiej relacji dla rzeczywistych wymiarów „czołowe” cząsteczki odbijające się od denka tłoka w czasie 1/40 sekundy dla prędkości drgania cząsteczek 340 m/s, odbiją się od tłoka i kolejnej „warstwy” cząsteczek około 40.476.190 razy i w przypadku ruchu tłoka w kierunku głowicy, będą one przyspieszane o prędkość tłoka i przyrost tej energii będzie „równomiernie” przekazywany (poprzez energię swoich drgań) wszystkim cząsteczkom znajdującym się we wnętrzu cylindra. Tak więc przyjęcie, że we wnętrzu cylindra znajduje się jedna hipotetyczna cząsteczka poruszająca się wyłącznie pionowo w górę i w dół, w pełni odzwierciedla zachowanie się cząsteczek gazu pod względem zmiany prędkości ich drgań (przyrostu lub spadku) w zależności czy mamy do czynienia ze sprężaniem czy z rozprężaniem. W tym miejscu należy podkreślić, iż analogicznie odwrotny proces do sprężania zachodzi podczas suwu pracy (rozprężania) kiedy to oddalający się od głowicy tłok zamienia energię drgania cząsteczek gazu na energię mechaniczną przekazywaną na wał silnika.

Jeżeli słuszność powyższego przykładu z jedną hipotetyczną cząsteczką budzi Twoje wątpliwości, to wyobraź sobie, że przedstawiony silnik umieszczony jest w komorze z idealną próżnią a we wnętrzu cylindra umieszczona jest tylko jedna cząsteczka gazu odbijająca się pionowo od idealnie płaskiego i idealnie wypoziomowanego denka tłoka, oraz od idealnie płaskiej i idealnie wypoziomowanej wewnętrznej powierzchni głowicy, przy czym poniższe rysunki obrazują, że przyrost prędkości drgania

cząsteczek jest taki sam dla jednej cząsteczki jak dla większej ilości rozpatrywanych cząsteczek.

Istotnym dla poprawnego zrozumienia tej teorii jest rozpatrywanie niniejszych przykładów z założeniem, że mamy do czynienia z układem idealnie szczelnym i idealnie termoizolacyjnym, w którym zakładamy idealną "sprężystość" denka tłoka i głowicy.



Poniższa tabela przedstawia przykład przyrostu prędkości drgania cząsteczek gazu w czasie suwu sprężania dla silnika tłokowego o stopniu sprężania 1:11

kąt	prędkość tłoka m/s	stopień sprężania 1;11	odległość Tłok-głowica mm	prędkość drgania cząsteczek m/s silnik ZI stopień spręż. 1:11
DMP	0	1	110	340
5	0,164564303	1,0010399965	109,885719234	340,176799409
10	0,4945393574	1,0041783943	109,5422891247	340,710049884
15	0,8270211255	1,0094709584	108,9679688986	341,6079131499
20	1,1635700042	1,0170124533	108,1599341735	342,8839450664
25	1,5055735044	1,0269394504	107,1143970177	344,5573797992
30	1,8541641134	1,0394344119	105,8267830501	346,6535263611
35	2,2101255667	1,0547312144	104,2919736287	349,2042840066
40	2,5737864565	1,0731223425	102,5046219228	352,2487851277
45	2,9449021627	1,0949680636	100,4595509765	355,8341772051
50	3,3225288789	1,1207080025	98,152239255	360,0165594625
55	3,7048969844	1,1508756778	95,579394127	364,8620957807
60	4,0892948965	1,1861167492	92,7396060044	370,4483339082
65	4,4719782656	1,2272119906	89,6340655422	376,8657728761
70	4,8481220564	1,2751063497	86,2673141141	384,2197364951
75	5,211833592	1,3309459353	82,6479852308	392,6326311709
80	5,5562419965	1,3961254045	78,7894838443	402,2466905468
85	5,8736730602	1,472349066	74,7105442192	413,2273357977
90	6,1559086941	1,5617101024	70,4356076261	425,7673047041
95	6,3945182616	1,666793698	65,9949699445	440,091717144
100	6,5812375682	1,7908115261	61,4246660777	456,4642349373
105	6,7083629142	1,9377769013	56,7660807206	475,1944130113
110	6,7691245522	2,112731521	52,0652997816	496,6461750138
115	6,7580069954	2,3220350456	47,3722393681	521,2469806179
120	6,6709920437	2,5737251763	42,7396060044	549,4964941123
125	6,5057119381	2,8779424957	38,2217504919	581,9720575428
130	6,2615119759	3,2473783492	33,8734782864	619,3253653546
135	5,9394318171	3,6976190838	29,7488728579	662,2593073594
140	5,5421211556	4,2470751225	25,9001776109	711,4642643053
145	5,073708112	4,9158124221	22,3767691998	767,4772470253
150	4,5396382006	5,7219419188	19,2242426716	830,4054055587
155	3,9464990749	6,6732921076	16,4836183141	899,4384672858
160	3,3018425555	7,7515708392	14,1906720949	972,1046531824
165	2,6140115883	8,8886114423	12,3753862697	1043,4013286589
170	1,8919763226	9,9443893264	11,0615138235	1105,3682654638
175	1,145180734	10,7147211653	10,2662494248	1148,1813704512
GMP	0,3833991717	11	10	1163,4665019251

Jak widać z powyższej tabeli przy DMP tłoka prędkość drgania hipotetycznej cząsteczki gazu wynosi 340 m/s, natomiast w kolejnych punktach pomiarowych na skutek prędkości tłoka prędkość ta wzrasta aby przy GMP tłoka osiągnąć wartość 1.163 m/s. (Należy tutaj zaznaczyć, iż w powyższej tabeli przy DMP tłoka w rubryce „prędkość tłoka” widnieje wartość „0”, natomiast przy GMP tłoka w rubryce „prędkość tłoka” widnieje wartość większa od „0”, gdyż wartość przy DMP to wartość początkowa, natomiast wartość przy GMP to średnia prędkość z jaką tłok pokonuje dystans od punktu pomiarowego „175⁰” do GMP tłoka).

Poniższa tabela przedstawia przykład przyrostu prędkości drgania cząsteczek gazu w czasie suwu sprężania dla silnika tłokowego o stopniu sprężania 1:21

kąt	prędkość tłoka m/s	stopień sprężania 1;21	odległość Tłok-głowica mm	prędkość drgania cząsteczek m/s silnik ZS stopień spręż. 1:21
DMP	0	1	105	340
5	0,164564303	1,0010895741	104,885719234	340,1852276016
10	0,4945393574	1,0043782366	104,5422891247	340,7439959761
15	0,8270211255	1,0099264332	103,9679688986	341,6851328034
20	1,1635700042	1,0178370202	103,1599341735	343,0233144074
25	1,5055735044	1,0282585323	102,1143970177	344,7794018495
30	1,8541641134	1,0413899643	100,8267830501	346,9809139882
35	2,2101255667	1,0574872889	99,2919736287	349,6626492602
40	2,5737864565	1,0768720285	97,5046219228	352,8674723769
45	2,9449021627	1,0999423203	95,4595509765	356,6472880594
50	3,3225288789	1,127187074	93,152239255	361,0642321648
55	3,7048969844	1,1592040443	90,579394127	366,1921222308
60	4,0892948965	1,1967229485	87,7396060044	372,1182261116
65	4,4719782656	1,2406351902	84,6340655422	378,945430976
70	4,8481220564	1,2920323644	81,2673141141	386,7949279404
75	5,211833592	1,3522565935	77,6479852308	395,8095730111
80	5,5562419965	1,4229669938	73,7894838443	406,1581464573
85	5,8736730602	1,5062283787	69,7105442192	418,0408148269
90	6,1559086941	1,6046309312	65,4356076261	431,6962085915
95	6,3945182616	1,7214534263	60,9949699445	447,4106720353
100	6,5812375682	1,8608882834	56,4246660777	465,5304312346
105	6,7083629142	2,0283552191	51,7660807206	486,4776733287
110	6,7691245522	2,2309429768	47,0652997816	510,7718453051
115	6,7580069954	2,4780375445	42,3722393681	539,0578547686
120	6,6709920437	2,7822230043	37,7396060044	572,1432214079
125	6,5057119381	3,1605799949	33,2217504919	611,0463551762
130	6,2615119759	3,636555283	28,8734782864	657,0573666677
135	5,9394318171	4,2426174559	24,7488728579	711,8094031945
140	5,5421211556	5,0238807514	20,9001776109	777,3480200856
145	5,073708112	6,0425501883	17,3767691998	856,1576802938
150	4,5396382006	7,3817638256	14,2242426716	951,0330231072
155	3,9464990749	9,1434595899	11,4836183141	1064,5174753367
160	3,3018425555	11,4246269386	9,1906720949	1197,3087062201
165	2,6140115883	14,2365424888	7,3753862697	1344,6540413191
170	1,8919763226	17,322405435	6,0615138235	1490,3852848758
175	1,145180734	19,9382884345	5,2662494248	1602,9179681669
GMP	0,3833991717	21	5	1645,5955668735

Jak widać z powyższej tabeli przy DMP tłoka prędkość drgania hipotetycznej cząsteczki gazu wynosi 340 m/s, natomiast w kolejnych punktach pomiarowych na skutek prędkości tłoka prędkość ta wzrasta aby przy GMP tłoka osiągnąć wartość 1.645 m/s. (Należy tutaj zaznaczyć, iż w powyższej tabeli przy DMP tłoka w rubryce „prędkość tłoka” widnieje wartość „0”, natomiast przy GMP tłoka w rubryce „prędkość tłoka” widnieje wartość większa od „0”, gdyż wartość przy DMP to wartość początkowa, natomiast wartość przy GMP to średnia prędkość z jaką tłok pokonuje dystans od punktu pomiarowego „175⁰” do GMP tłoka).

Poniższa tabela przedstawia przykład przyrostu prędkości drgania cząsteczek gazu w czasie suwu sprężania dla hipotetycznego silnika tłokowego o stopniu sprężania 1:41

ką	prędkość tłoka	stopień sprężania	odlegość	prędkość drgania cząsteczek m/s	
	m/s	1;41	Tłok-głowica mm	silnik hipotetyczny	stopień spręż. 1:41
DMP	0	1	102,5	340	
5	0,164564303	1,0011161788	102,385719234	340,1897503906	
10	0,4945393574	1,0044855018	102,0422891247	340,7622160035	
15	0,8270211255	1,0101710038	101,4679688986	341,7265924222	
20	1,1635700042	1,0182800222	100,6599341735	343,0981756417	
25	1,5055735044	1,0289677303	99,6143970177	344,8987280792	
30	1,8541641134	1,0424423216	98,3267830501	347,1569958976	
35	2,2101255667	1,0589721044	96,7919736287	349,9093926512	
40	2,5737864565	1,0788948782	95,0046219228	353,2008701458	
45	2,9449021627	1,1026301109	92,9595509765	357,0860052941	
50	3,3225288789	1,1306946286	90,652239255	361,6303427112	
55	3,7048969844	1,1637228096	88,079394127	366,912048351	
60	4,0892948965	1,2024926534	85,2396060044	373,0239517593	
65	4,4719782656	1,2479596538	82,1340655422	380,0760863878	
70	4,8481220564	1,3013011952	78,7673141141	388,1988827596	
75	5,211833592	1,3639753572	75,1479852308	397,5472333809	
80	5,5562419965	1,4377997213	71,2894838443	408,305738482	
85	5,8736730602	1,5250583252	67,2105442192	420,6955686434	
90	6,1559086941	1,6286487708	62,9356076261	434,9835603606	
95	6,3945182616	1,7522874206	58,4949699445	451,4944192504	
100	6,5812375682	1,9007999021	53,9246660777	470,6272840434	
105	6,7083629142	2,080538953	49,2660807206	492,8784692607	
110	6,7691245522	2,2999957479	44,5652997816	518,8730628672	
115	6,7580069954	2,5707108912	39,8722393681	549,409379231	
120	6,6709920437	2,9086590806	35,2396060044	585,5223286809	
125	6,5057119381	3,3363984265	30,7217504919	628,5749744124	
130	6,2615119759	3,8864801558	26,3734782864	680,3924681197	
135	5,9394318171	4,6069749535	22,2488728579	743,4597184356	
140	5,5421211556	5,5705984022	18,4001776109	821,2130408528	
145	5,073708112	6,8899368286	14,8767691998	918,4609344164	
150	4,5396382006	8,7425689548	11,7242426716	1041,9432156168	
155	3,9464990749	11,4096566012	8,9836183141	1200,8755553535	
160	3,3018425555	15,3198361159	6,6906720949	1406,6503284416	
165	2,6140115883	21,0239751948	4,8753862697	1668,5241842727	
170	1,8919763226	28,7798967183	3,5615138235	1976,290496622	
175	1,145180734	37,053780863	2,7662494248	2260,3707135433	
GMP	0,3833991717	41	2,5	2380,7351940176	

Jak widać z powyższej tabeli przy DMP tłoka prędkość drgania hipotetycznej cząsteczki gazu wynosi 340 m/s, natomiast w kolejnych punktach pomiarowych na skutek prędkości tłoka prędkość ta wzrasta aby przy GMP tłoka osiągnąć wartość 2.380 m/s. (Należy tutaj zaznaczyć, iż w powyższej tabeli przy DMP tłoka w rubryce „prędkość tłoka” widnieje wartość „0”, natomiast przy GMP tłoka w rubryce „prędkość tłoka” widnieje wartość większa od „0”, gdyż wartość przy DMP to wartość początkowa, natomiast wartość przy GMP to średnia prędkość z jaką tłok pokonuje dystans od punktu pomiarowego „175^o” do GMP tłoka).

Obliczenia w powyższych rubrykach zostały wykonane w sposób następujący:

Przykład dla wiersza z punktu pomiarowego 15°:

V = Prędkość cząsteczki z wiersza poprzedzającego (10°)

L = Odległość tłok-głowica z wiersza 15°.

V2 = Średnia prędkość tłoka z położeń dla punktów pomiarowych 10° -15°.

T = (Dla prędkości obrotowej silnika 1.200 obr./min. wyliczono, iż) czas przemieszczenia się tłoka pomiędzy sąsiadującymi punktami pomiarowymi trwa 1/1440 sekundy.

Prędkość drgania cząsteczki (w wierszu 15°) liczy się w sposób następujący:

$$(((V/(L/1000))*T)/2)*V2)+V$$

Jeżeli teraz przyjmiemy, że nasz powyższy silnik jest idealnie szczelny i idealnie termoizolacyjny a przy DMP tłoka wewnątrz cylindra panuje ciśnienie 1 bara, to na przykładzie pierwszego silnika o stopniu sprężania 1:11 po maksymalnym sprężeniu gazów otrzymamy: 11-krotne „zagęszczenie” cząsteczek gazów i jeżeli hipotetycznie przyjmiemy, że cząsteczki tego gazu nie zwiększają swojej prędkości mając tą samą prędkość przy DMP i GMP równą 340 m/s, to przy GMP tłoka cząsteczki gazu będą uderzały o denko tłoka 11-krotnie częściej w tej samej jednostce czasu, dając 11-krotne zwiększenie ciśnienia. Natomiast jeżeli uwzględnimy, że wskutek ruchu tłoka cząsteczki gazu są w tym przykładzie przyspieszane 3,42 razy, to czy faktycznie 3,42 razy zwiększy się prędkość cząsteczek gazu w cylindrze? Otóż nie, tak jak pisałem wcześniej w rzeczywistości w cylindrze silnika znajduje się ogromna ilość cząsteczek gazu drgających we wszelkich możliwych kierunkach, tak więc należy rozważyć zachowanie się cząsteczek gazu drgających w innych kierunkach, a nie tylko w relacji pionowej góra-dół. W tym celu proszę sobie wyobrazić, że nasz hipotetyczny przykład ruchu cząsteczek przedstawiony jest w przykładzie 3D, który uwzględnia zasadnicze wektory ruchu cząsteczek gazu w następujących kierunkach: pionowy na płaszczyźnie „X”, poziomy na płaszczyźnie „Y” i poziomy na płaszczyźnie „Z” (rysunek poniżej). Z tego przykładu wynika, iż statystycznie tylko 1/3 cząsteczek gazu będzie podlegała zasadzie zmiany prędkości cząsteczek gazu wynikających z ruchu tłoka (te które oddziałują w relacji pionowej), natomiast 2/3 cząsteczek gazu, które oddziałują w relacji poziomej, statystycznie nie będzie podlegała zmianie prędkości. Dlatego dla poprawnego wyliczenia średniej prędkości cząsteczek gazów na przykładzie silnika o stopniu sprężania 1:11, należy zastosować:

$$(340\text{m/s} + 340\text{m/s} + (340\text{m/s} * 3,42)) / 3$$

co daje nam wynik około: 614 m/s

natomiast dla określenia wielkości przyrostu ciśnienia należy zastosować (z uwzględnieniem $E=mv^2$) wzór dla GMP tłoka: $11 * (614\text{m/s} / 340\text{m/s})^2$, czyli około – 35,9 bara.

Na przykładzie silnika o stopniu sprężania 1:21, należy zastosować:

$$(340\text{m/s} + 340\text{m/s} + (340\text{m/s} * 4,84)) / 3$$

co daje nam wynik około: 775 m/s

natomiast dla określenia wielkości przyrostu ciśnienia należy zastosować (z uwzględnieniem $E=mv^2$) wzór dla GMP tłoka: $21 * (775\text{m/s} / 340\text{m/s})^2$, czyli około – 109 bara.

Na przykładzie hipotetycznego silnika o stopniu sprężania 1:41, należy zastosować:

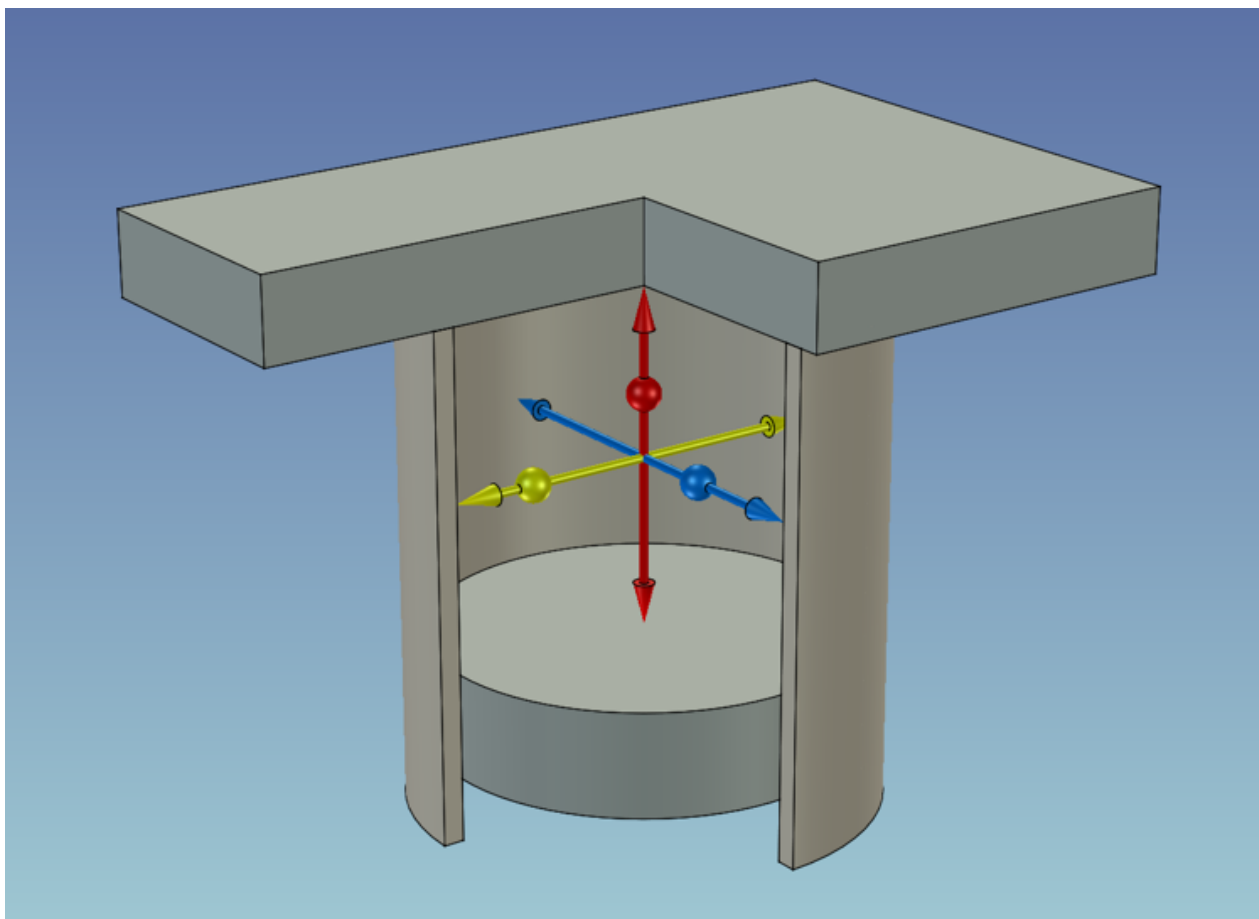
$$(340\text{m/s} + 340\text{m/s} + (340\text{m/s} * 7)) / 3$$

co daje nam wynik około: 1.020 m/s

natomiast dla określenia wielkości przyrostu ciśnienia należy zastosować (z uwzględnieniem $E=mv^2$) wzór dla GMP tłoka: $41 * (1.020\text{m/s} / 340\text{m/s})^2$, czyli około – 369 bara.

Oczywiście rozpatrujemy układ idealnie szczelny i idealnie termoizolacyjny, w rzeczywistości ilość energii cieplnej tego gazu (energia drgających cząsteczek), jest (z pominięciem przedmuchów na pierścieniach tłokowych) w dużym stopniu przekazywana do ścianek tulei cylindra, denka tłoka i głowicy (zwłaszcza przy niskich prędkościach obrotowych silnika), co w efekcie znacząco schładza gaz, którego cząsteczki nie osiągną poziomu „wysokich energii” (nie mylić z wysokimi energiami cząsteczek uzyskiwanych w akceleratorach cząstek), dając na przykładzie rozruchu silnika o stopniu sprężania 1:11, kilkanaście barów ciśnienia przy GMP o stosunkowo niewysokiej temperaturze.

Proszę zwrócić uwagę na fakt, iż w hipotetycznym idealnie szczelnym i idealnie termoizolacyjnym układzie tłokowym, na przyrost prędkości drgania cząsteczki nie ma wpływu prędkość obrotowa silnika a jedynie zastosowany stopień sprężania. Dla przykładu proszę rozważyć dla porównania taki sam układ tłokowy o dwukrotnie większej prędkości obrotowej (2.400 obr./min.), choć w tym przypadku średnia prędkość tłoka jest dwukrotnie większa i wynosi 8 m/s, to jednak czas trwania suwu sprężania jest dwukrotnie krótszy i trwa 1/80 sekundy, co reasumując pozwala wyliczyć, iż przyrost prędkości drgających cząsteczek gazu jest taki sam dla prędkości 1.200 obr./min. jak i dla prędkości 2.400 obr./min.



Do zobrazowania powyższej teorii posłużono się przykładem silnika tłokowego, nie mniej do rewolucyjnego wykorzystania i bezpośredniej zamiany ciepła (energii drgających cząsteczek gazu) na pracę mechaniczną, może posłużyć turbina gazowa według zgłoszenia patentowego nr P-410894 mojego autorstwa, która to turbina może pracować w ogromnej konfiguracji różnych typów zasilania (wszelkie paliwa wytwarzające ciepło), jak również może bez konieczności jakiegokolwiek spalania zamieniać ciepło gazu (np. powietrza) na energię mechaniczną.