

Машиностроение и машиноведение

УДК 539.3

doi: 10.18698/0536-1044-2022-6-3-10

Об эффективности регулирования степени сжатия двигателя внутреннего сгорания

Д.Г. Агаларов¹, Т.Д. Гасанова²¹ Институт Математики и Механики Азербайджанской Национальной Академии² Азербайджанский архитектурно-строительный университет

On the Efficiency of Controlling the Compression Ratio of an Internal Combustion Engine

J.H. Agalarov¹, T.J. Hasanova²¹ Institute of Mathematics and Mechanics of National Academy of Science of Azerbaijan² Azerbaijan University of Architecture and Construction

В последнее время наблюдается интерес к двигателям внутреннего сгорания с регулируемой степенью сжатия. Однако применение таких силовых агрегатов откладывается, что можно объяснить необходимостью разработки конструкций с дополнительными сочленениями, ограничивающими их мощность. Конструкция двигателя внутреннего сгорания с двумя коленчатыми валами лишена таких недостатков. Обоснована эффективность использования двигателей внутреннего сгорания с регулируемой степенью сжатия. При расчете и конструировании двигателя внутреннего сгорания с искровым зажиганием большое внимание уделяется детонации, возникающей при его пуске, т. е. при высоком давлении рабочего тела в цилиндре. При последующем же разгоне давление падает, и двигатель оказывается в недогруженном состоянии, что можно компенсировать повышением степени сжатия.

Ключевые слова: частота вращения, фронт горения, степень сжатия, искровое зажигание, коленчатый вал, снижение давления

The article discusses internal combustion engines with variable compression ratio, which have recently aroused interest. However, the use of such power units is being delayed, because the developed structures include additional joints that limit their power. The article proves the effectiveness of the use of internal combustion engines with an adjustable compression ratio. When calculating and designing an internal combustion engine with spark ignition, much attention is paid to detonation that occurs when it is started, i.e., at high pressure in the cylinder. During subsequent acceleration, the pressure drops, and the engine is under-loaded, which can be compensated by increasing the compression ratio.

Keywords: rotation speed, combustion front, compression ratio, spark ignition, crankshaft, fuel pressure reduction

В последнее время наблюдается интерес к двигателям внутреннего сгорания (ДВС) с регулируемой степенью сжатия. Однако существенных технических достижений для их изготовления и применения нет, что, вероятно, связано с усложнением их конструкции дополнительными сочленениями.

В связи с этим актуально рассмотреть ДВС с двумя коленчатыми валами [1–6], конструкция которого лишена указанных недостатков. Обычно при расчете и конструировании ДВС с искровым зажиганием большое внимание уделяется детонации, возникающей при его пуске, т. е. при высоком давлении рабочего тела (РТ) в цилиндре. При последующем же разгоне давление падает, и ДВС оказывается в недогруженном состоянии, что можно компенсировать повышением степени сжатия.

У ДВС с двумя коленчатыми валами давление РТ в цилиндре рассчитывается в зависимости от частоты их вращения и степени сжатия. Даже ориентировочное управление степенью сжатия может существенно повысить экономичность и мощность ДВС.

Рассмотрим процесс сгорания топливной смеси в ДВС с рабочим объемом 400 см³ при двух значениях частоты вращения коленчатого вала (далее частота вращения): $n = 2000$ и 4000 мин⁻¹. На основании результатов теоретических исследований [7–15] определим изменение давления РТ в процессе сгорания при угле опережения зажигания $\theta = 24^\circ$ и степени сжатия $\varepsilon = 8,6$ и $13,0$. На примере выбранных частот вращения рассчитаем давление РТ в цилиндре ДВС и возможность повышения степени сжатия.

Исследование проведем для двух значений показателя характера сгорания: $m = 1$ и 3 . При частоте вращения $n = 2000$ мин⁻¹ угол наклона фронта пламени φ_z принимаем равным 46° . При частоте вращения $n = 4000$ мин⁻¹ полагаем, что угол наклона фронта пламени будет превышать 92° , так как плотность РТ за весь путь движения в среднем будет меньше. Однако при $\varphi_z = 92^\circ$ давление РТ в цилиндре будет несколько завышенным.

Цель работы — показать снижение давления РТ при увеличении частоты вращения и обосновать эффективность использования ДВС с регулируемой степенью сжатия.

Удельный объем РТ

$$v = \frac{v_a}{\varepsilon} \left[1 + \frac{(\varepsilon - 1)/\sigma}{2} \right] = \frac{v_a}{\varepsilon} \left\{ 1 + \frac{\varepsilon - 1}{2} \left[\left(1 + \frac{1}{\lambda} \right) - \right. \right.$$

$$\left. \left. - \left(\cos \alpha + \frac{1}{\lambda} \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \alpha} \right) \right] \right\},$$

где v_a — удельный объем РТ в начале такта сжатия; λ — отношение радиуса кривошипа к длине шатуна, $\lambda = 1,3$; α — угол поворота коленчатого вала (УПКВ) от верхней мертвой точки.

Доля топлива сгоревшего на участке $i-(i-1)$ определяется выражением

$$\Delta x_{i-(i-1)} = e^{-6,908 \left(\frac{\Delta \varphi_{i-(i-1)}}{\varphi_z} \right)^{m+1}} - e^{-6,809 \left(\frac{\Delta \varphi_{i-(i-1)}}{\varphi_z} \right)^{m+1}},$$

где $\Delta \varphi_{i-(i-1)}$ — УПКВ на участке $i-(i-1)$.

Давление РТ в цилиндре в процессе сгорания [8]

$$p_i = \frac{0,0854 q_z \Delta x_i + p_{i-1} (k v_{i-1} - v_i)}{k v_i - v_{i-1}},$$

где k — фактор теплоемкости РТ; q_z — общая удельная теплота сгорания.

Удельный объем РТ в момент воспламенения топлива v_y зависит от угла опережения зажигания θ :

$$v_y = \frac{v_a}{\varepsilon} \left\{ 1 + \frac{\varepsilon - 1}{2} \left[\left(1 + \frac{1}{\lambda} \right) - \right. \right. \\ \left. \left. - \left(\cos \theta + \frac{1}{\lambda} \sqrt{1 - \lambda^2 \sin^2 \theta} \right) \right] \right\}.$$

Начальное давление РТ

$$p_y = \left(\frac{v_a}{v_y} \right)^{n_1} p_a,$$

где p_a — давление РТ в начале такта сжатия, $p_a = 0,8$ кг/м²; v_a — объем РТ, приходящийся на 1 кг топлива, $v_a = 1,24$ м³/кг; n_1 — показатель политропы сжатия.

Результаты расчета — значения удельного объема v , доли сгоревшего топлива Δx и давления РТ в цилиндре p — при различных значениях УПКВ приведены в табл. 1–3. На рис. 1, *a* и *б* показаны зависимости давления РТ в цилиндре от УПКВ при степени сжатия $\varepsilon = 8,6$ и угле наклона фронта пламени $\varphi_z = 46^\circ$, на рис. 2 — при $\varepsilon = 13,0$ и $\varphi_z = 92^\circ$.

Как видно из рис. 1, при повышении частоты вращения давление РТ в цилиндре падает, а при увеличении степени сжатия — растет, при этом оно зависит от показателя характера сгорания m .

Анализ результатов расчета свидетельствует о том, что восстановление давления РТ в ци-

Таблица 1

Значения удельного объема РТ v , его давления в цилиндре p и доли сгоревшего топлива Δx при степени сжатия $\epsilon = 8,6$ и различных значениях УПКВ

Ф, град	v , м ³ /кг	Δx			p , кг/см ²		
		Показатель характера сгорания m					
		1	3				
		Угол наклона фронта пламени ϕ_z , град					
		46	92	46	92		
0	0,14400	0	0	0	9,00	9,00	
2	0,14445	0,01300	0	0	8,40	8,57	
4	0,14579	0,03775	0	0	7,80	8,02	
6	0,14802	0,06874	0,00200	0	7,36	7,58	
8	0,15113	0,06919	0,00202	0	7,05	7,17	
10	0,15512	0,09031	0,00900	0,0010	6,78	6,88	
12	0,15984	0,09600	0,01700	0,0010	6,91	6,04	
14	0,16554	0,09800	0,02600	0,0020	7,52	6,46	
16	0,17209	0,09340	0,03900	0,0020	8,68	6,40	
18	0,17943	0,08585	0,05350	0,0040	10,65	6,19	
20	0,18793	0,07700	0,06900	0,0050	13,43	6,93	
22	0,19665	0,06400	0,08400	0,0074	17,32	6,90	
24	0,02065	0,05340	0,09700	0,0092	29,18	7,44	
26	0,21707	0,04230	0,10580	0,0116	27,90	8,10	
28	0,22838	0,03140	0,10000	0,0142	33,98	8,83	
30	0,24042	0,02590	0,10730	0,0178	39,74	9,66	
32	0,25314	0,01670	0,08860	0,0210	44,63	10,50	
34	0,26671	0,01240	0,07110	0,0250	48,35	12,54	
36	0,28074	0,00840	0,05210	0,0295	50,00	12,57	
38	0,29518	0,00560	0,03470	0,0320	51,00	13,60	
40	0,31009	0,00390	0,02080	0,0360	50,00	14,64	
42	0,34222	0,00185	0,01100	0,0911	48,37	15,78	
44	0,35959	0,00135	0,00510	0,0438	46,25	16,71	
46	0,37572	0,00700	0,00210	0,0477	45,53	17,86	
48	0,33488	–	–	0,0499	44,00	18,50	
50	0,41218	–	–	0,0158	–	20,09	
52	0,43066	–	–	0,0536	–	20,05	
54	0,44988	–	–	0,0537	–	20,06	
56	0,46805	–	–	0,0529	–	20,37	
58	0,46805	–	–	0,0515	–	20,29	
60	0,48738	–	–	0,0494	–	17,79	
62	0,50696	–	–	0,0460	–	16,92	
64	0,52697	–	–	0,0422	–	16,10	
66	0,54665	–	–	0,0379	–	15,86	
68	0,56664	–	–	0,0332	–	15,30	
70	0,58681	–	–	0,0284	–	14,39	
72	0,60698	–	–	0,0238	–	13,84	
74	–	–	–	0,0194	–	12,69	

Таблица 2

Значения удельного объема РТ ν , его давления в цилиндре p и доли сгоревшего топлива Δx при степени сжатия $\varepsilon = 13,0$ и различных значениях УПКВ

φ, град	ν , м ³ /кг	p , кг/см ²		Δx
		Показатель характера сгорания m		
		1	3	
		Угол наклона фронта пламени φ_z , град		
		46	92	
0	0,09538	9,00	9,00	0
2	0,09585	8,40	8,40	0,0030000
4	0,97280	8,43	8,01	0,0099200
6	0,99580	9,52	7,92	0,0159200
8	0,10283	12,23	8,24	0,0218300
10	0,10701	15,54	8,88	0,0220200
12	0,11251	19,40	7,58	0,0376700
14	0,11791	23,67	11,18	0,0376000
16	0,12476	28,17	10,80	0,0407100
18	0,13244	32,59	12,77	0,0434300
20	0,14107	36,10	14,90	0,0461700
22	0,15004	38,38	17,39	0,0561200
24	0,16074	42,21	20,64	0,0486800
26	0,17180	44,77	23,57	0,0492000
28	0,18363	47,05	26,30	0,0485100
30	0,19622	48,90	28,78	0,0477800
32	0,20953	50,20	31,01	0,0460700
34	0,22371	50,40	32,69	0,0439800
36	0,23782	50,00	33,92	0,0423100
38	0,25349	48,26	34,76	0,0325600
40	0,26900	48,01	34,76	0,0366900
42	0,28560	46,28	34,72	0,0319700
44	0,30268	44,27	34,40	0,0309500
46	0,32085	41,93	33,55	0,0281600
48	0,33772	39,66	32,69	0,0252300
50	0,35776	37,20	31,50	0,0225610
52	0,37585	–	29,92	0,0999990
54	0,39518	–	28,51	0,0174790
56	0,41588	–	27,03	0,0150460
58	0,43429	–	25,65	0,0133210
60	0,45450	–	24,26	0,0042120
62	0,47497	–	22,71	0,0165590
64	0,49000	–	21,64	0,0090820
66	0,51648	–	20,42	0,0067500
68	0,53739	–	17,95	0,0056210
70	0,55848	–	16,88	0,0096200
72	0,57959	–	16,15	0,0037960

Окончание табл. 2

φ, град	ν, м ³ /кг	<i>p</i> , кг/см ²		Δx	
		Показатель характера сгорания <i>m</i>			
		1		3	
		Угол наклона фронта пламени φ _z , град			
		46		92	
74	0,60011	–	15,24	0,0030790	
76	0,62182	–	13,92	0,0024902	
78	0,64228	–	13,14	0,0019978	
80	0,66326	–	12,75	0,0015799	
82	0,68441	–	12,19	0,0012550	
84	0,70488	–	11,50	0,0009818	
86	–	–	10,90	0,0007732	
88	–	–	10,33	0,0005812	
90	–	–	9,81	0,0004544	
92	–	–	9,34	0,0003457	

Таблица 3

Значения удельного объема РТ ν, его давления в цилиндре *p* и доли сгоревшего топлива Δ*x* при различных значениях УПКВ

φ, град	Δx		<i>p</i> , кг/см ²	
	Показатель характера сгорания <i>m</i>			
	3		1	
	Угол наклона фронта пламени φ _z , град			
	64		46	
0	0	0	12,70	12,70
2	0	0,0007	10,07	12,56
4	0	0,0257	9,14	10,53
6	0,000500	0,0319	8,38	12,10
8	0,001500	0,0441	7,70	12,06
10	0,001960	0,0531	7,10	13,89
12	0,003980	0,0602	6,77	16,57
14	0,007900	0,0661	6,39	19,80
16	0,010790	0,0689	6,50	23,23
18	0,015430	0,0700	6,89	27,03
20	0,021780	0,0641	7,79	31,47
22	0,027670	0,0670	9,38	35,90
24	0,036480	0,0635	11,60	40,22
26	0,043360	0,0589	14,75	45,57
28	0,051400	0,0531	18,12	53,84
30	0,059700	0,0475	22,00	52,73
32	0,067560	0,0414	25,74	55,07
34	0,072840	0,0356	29,28	55,60
36	0,079290	0,0298	33,00	56,62
38	0,073490	0,0248	36,43	54,87
40	0,075050	0,0203	39,34	53,20
42	0,070780	0,0163	41,85	51,12

Окончание табл. 3

φ, град	Δx		p, кг/см ²	
	Показатель характера сгорания <i>t</i>			
	3		1	
	Угол наклона фронта пламени φ _z , град			
	64	92	64	46
44	0,064020	0,0128	42,97	48,08
46	0,055400	0,0100	43,70	44,77
48	0,045977	0,0074	40,88	41,96
50	0,036057	0,0060	39,0	38,49
52	0,027010	0,0043	37,33	35,36
54	0,019095	0,0052	35,23	32,41
56	0,012757	0,0021	33,59	29,38
58	0,007964	0,0018	31,95	26,88
60	0,004661	0,0011	29,11	24,59
62	0,002536	0,0008	26,85	22,61
64	0,001280	0,0005	24,66	20,53

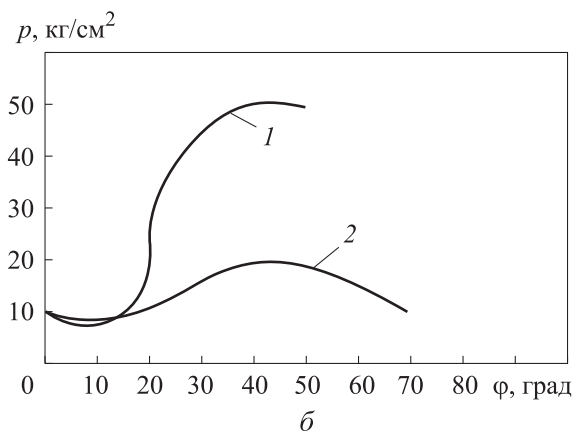
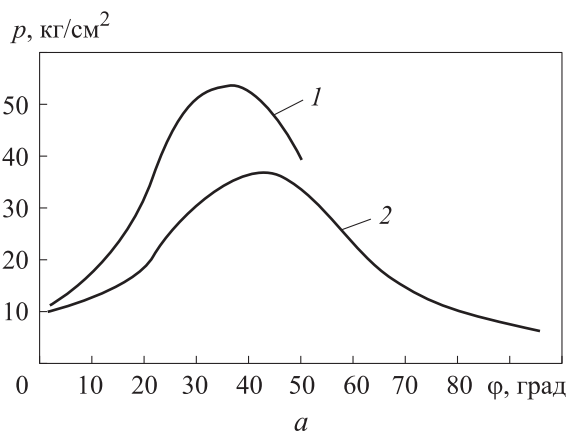


Рис. 1. Зависимости давления РТ в цилиндре p от УПКВ φ при степени сжатия $\varepsilon = 8,6$, угле наклона фронта пламени $\varphi_z = 46^\circ$, частоте вращения $n = 2000$ (1) и 4000 мин^{-1} (2) для различных значений показателя характера сгорания:
а — $t = 1$; б — $t = 3$

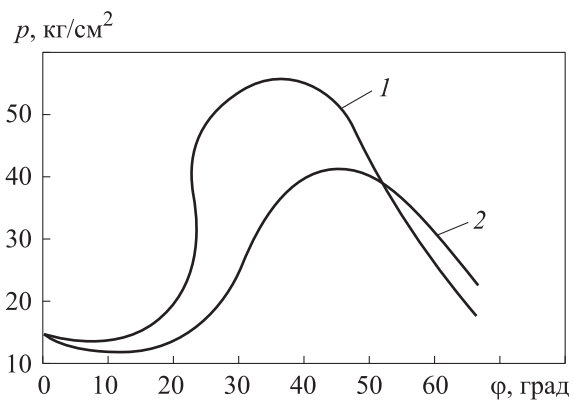


Рис. 2. Зависимости давления РТ в цилиндре p от УПКВ φ при степени сжатия $\varepsilon = 13,0$, угле наклона фронта пламени $\varphi_z = 92^\circ$, частоте вращения $n = 4000 \text{ мин}^{-1}$, показателе характера сгорания $t = 1$ (1) и 3 (2)

линдре путем увеличения степени сжатия можно использовать на практике.

Естественно, существует необходимость проведения дальнейших исследований при других значениях частоты вращения и показателя характера сгорания.

Выводы

1. Обоснована эффективность использования ДВС с регулируемой степенью сжатия.
2. Результаты расчета свидетельствуют о том, что восстановление давления РТ в цилиндре путем увеличения степени сжатия можно использовать на практике.

Литература

- [1] Agalarov J., Nasibova A., Nuriyev B. *Internal combustion engine with opposed pistons*. Patent US 6039011. Appl. 04.03.1998, publ. 21.03.2000.
- [2] Klomp E.D., Rask R.B. *Variable compression ratio control system for an internal combustion engine*. Patent US 6450136. Appl. 14.05.2001, publ. 17.09.2002.
- [3] Moteki K., Fujimoto H., Aoyama S. *Variable compression ratio mechanism of reciprocating internal combustion engine*. Patent US 6505582. Appl. 06.07.2002, publ. 10.01.2002.
- [4] Cleeves J.M. *Variable compression ratio systems for opposed-piston and other internal combustion engines, and related methods of manufacture and use*. Patent US 9206749. Appl. 08.04.2013, publ. 29.08.2013.
- [5] Turner J.W.G. *Opposed piston internal combustion engine with variable timing*. Patent GB 2428450. Appl. 15.07.2005, publ. 31.01.2007.
- [6] Mərkəzdən qaçma tənzimləyicisi. Patent (ixtira) i 20140021 Patentin sahibi: Milli Aviasiya Akademiyası (AZ). Müəllif Hacıyev Akif Cəfər oğlu (AZ), Ağalarov Cəfər Həsənağa oğlu (AZ), Nuriyev Barat Rza oğlu (AZ), Cavadov Vüqar Xanəli oğlu (AZ). Date: 2204.2014.
- [7] Вибе И.И. *Новое о рабочем цикле двигателей*. Москва, Свердловск, Машгиз, 1962. 271 с.
- [8] Береснев М.А. *Метод определения угла опережения зажигания для управления работой ДВС на бинарном топливе*. Дисс. ... канд. тех. наук. Волгоград, ВолГТУ, 2013. 150 с.
- [9] Дьяченко В.Г. *Теория двигателей внутреннего сгорания*. Харьков, ХНАДУ, 2009. 500 с.
- [10] Луканин В.Н., ред. *Двигатели внутреннего сгорания*. Т. 2. Москва, Высшая школа, 1995. 319 с.
- [11] Пшихоров В.Х., Дорух И.Г., Береснев А.Л. и др. *Система зажигания двигателя*. Патент РФ 2446309. Заявл. 22.03.2010, опублик. 27.03.2012.
- [12] Береснев М.А. Метод L-вариаций для управления ДВС при работе на бинарном топливе. *Известия ЮФУ. Технические науки*, 2012, № 3, с. 251–256.
- [13] Рудой Б.П. *Расчет характеристик двигателя внутреннего сгорания*. Уфа, УфАИ, 1986. 107 с.
- [14] Орлин А.С. *Двигатели внутреннего сгорания*. Т. 1. Москва, Машиностроение, 1957. 397 с.
- [15] Sawamoto K., Kawamura Y. Individual cylinder knock control by detecting cylinder pressure. *SAE Tech. Paper*, 1987, no. 871911, doi: <https://doi.org/10.4271/871911>

References

- [1] Agalarov J., Nasibova A., Nuriyev B. *Internal combustion engine with opposed pistons*. Patent US 6039011. Appl. 04.03.1998, publ. 21.03.2000.
- [2] Klomp E.D., Rask R.B. *Variable compression ratio control system for an internal combustion engine*. Patent US 6450136. Appl. 14.05.2001, publ. 17.09.2002.
- [3] Moteki K., Fujimoto H., Aoyama S. *Variable compression ratio mechanism of reciprocating internal combustion engine*. Patent US 6505582. Appl. 06.07.2002, publ. 10.01.2002.
- [4] Cleeves J.M. *Variable compression ratio systems for opposed-piston and other internal combustion engines, and related methods of manufacture and use*. Patent US 9206749. Appl. 08.04.2013, publ. 29.08.2013.
- [5] Turner J.W.G. *Opposed piston internal combustion engine with variable timing*. Patent GB 2428450. Appl. 15.07.2005, publ. 31.01.2007.
- [6] Mərkəzdən qaçma tənzimləyicisi. Patent (ixtira) i 20140021 Patentin sahibi: Milli Aviasiya Akademiyası (AZ). Müəllif Hacıyev Akif Cəfər oğlu (AZ), Ağalarov Cəfər Həsənağa oğlu (AZ), Nuriyev Barat Rza oğlu (AZ), Cavadov Vüqar Xanəli oğlu (AZ). Date: 2204.2014.
- [7] Vibe I.I. *Novoe o rabochem tsikle dvigateley* [Something new about working cycle of engines]. Moscow, Sverdlovsk, Mashgiz Publ., 1962. 271 p. (In Russ.).
- [8] Beresnev M.A. *Metod opredeleniya ugla operezheniya zazhiganiya dlya upravleniya rabotoy DVS na binarnom toplive*. Diss. kand. tekhn. nauk [Method for determination of ignition advance angle for managing combustion engine on binary fuel. Kand. tech. sci. diss.]. Volgograd, VolGTU Publ., 2013. 150 p. (In Russ.).

- [9] D'yachenko V.G. *Teoriya dvigateley vnutrennego sgoraniya* [Theory of combustion engines]. Khar'kov, KhNADU Publ., 2009. 500 p. (In Russ.).
- [10] Lukanin V.N., ed. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya*. T. 2 [Combustion engines. Vol. 2]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1995. 319 p. (In Russ.).
- [11] Pshikhov V.Kh., Dorukh I.G., Beresnev A.L. et al. *Sistema zazhiganiya dvigatelya* [Engine ignition system]. Patent RU 2446309. Appl. 22.03.2010, publ. 27.03.2012. (In Russ.).
- [12] Beresnev M.A. L-variations method for control of IC engine running on binary fuel. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya Sfedu. Engineering Sciences], 2012, no. 3, pp. 251–256. (In Russ.).
- [13] Rudoy B.P. *Raschet kharakteristik dvigatelya vnutrennego sgoraniya* [Calculating characteristics of combustion engine]. Ufa, UfAI Publ., 1986. 107 p. (In Russ.).
- [14] Orlin A.S. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya*. T. 1 [Combustion engines. Vol. 1]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1957. 397 p. (In Russ.).
- [15] Sawamoto K., Kawamura Y. Individual cylinder knock control by detecting cylinder pressure. *SAE Tach. Paper*, 1987, no. 871911, doi: <https://doi.org/10.4271/871911>

Статья поступила в редакцию 24.01.2022

Информация об авторах

АГАЛАРОВ Джафар Гасанага оглы — доктор физико-математических наук, профессор, зав. отделом «Волновая динамика». Институт Математики и Механики Азербайджанской Национальной Академии (AZ1001, Азербайджан, Баку, ул. Истиглалит, д. 30, e-mail: agjafar@rambler.ru, cafar.agalarov@imm.az).

ГАСАНОВА Тукезбан Джафар гызы — кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и реконструкция зданий и сооружений». Азербайджанский архитектурно-строительный университет (AZ1073, Азербайджан, Баку, ул. А. Султанова, д. 5, e-mail: atika2014@rambler.ru).

Information about the authors

AGALAROV Jafar Gasanaga — Doctor of Science (Physics and Math.), Professor, Head of the Department of Wave Dynamics. Institute of Mathematics and Mechanics of National Academy of Science of Azerbaijan (AZ1001, Baku, Azerbaijan Republic, Istiqlaliyat St., Bldg. 30, e-mail: agjafar@rambler.ru, cafar.agalarov@imm.az).

HASANOVA Tukezban Jafar — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Department of Exploitation and Reconstruction of Buildings and Constructions. Azerbaijan University of Architecture and Construction (AZ1073, Baku, Azerbaijan Republic, A. Sultanova St., Bldg. 5, e-mail: atika2014@rambler.ru).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Агаларов Д.Г., Гасанова Т.Д. Об эффективности регулирования степени сжатия двигателя внутреннего сгорания. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2022, № 6, с. 3–10, doi: 10.18698/0536-1044-2022-6-3-10

Please cite this article in English as:

Agalarov J.H., Hasanova T.J. On the Efficiency of Controlling the Compression Ratio of an Internal Combustion Engine. *BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2022, no. 6, pp. 3–10, doi: 10.18698/0536-1044-2022-6-3-10