

УДК 621.23

**А.Н. Соболенко**

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,  
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

## **ОБОБЩЕННЫЙ ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЦИКЛ ШЕСТИТАКТНОГО ДВС И ЕГО ЧАСТНЫЕ СЛУЧАИ ПОДВОДА ТЕПЛОТЫ**

*Приведены термодинамические схемы идеального цикла шеститактного ДВС и восемь термодинамических схем его частных случаев подвода теплоты в первом и втором процессах, определяемых крайними значениями параметров  $\rho_1$ ,  $\rho_2$ ,  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ . Это следующие циклы, когда параметры: 1)  $\rho_1 = \rho_2 = 1$ ,  $\lambda_1 \neq 1$ ,  $\lambda_2 \neq 1$ ; 2)  $\rho_1 = 1$ ,  $\rho_2 \neq 1$ ,  $\lambda_1 \neq 1$ ,  $\lambda_2 = 1$ ; 3)  $\rho_1 = 1$ ,  $\rho_2 \neq 1$ ,  $\lambda_1 \neq 1$ ,  $\lambda_2 = 1$ ; 4)  $\rho_1 \neq 1$ ,  $\rho_2 \neq 1$ ,  $\lambda_1 \neq 1$ ,  $\lambda_2 = 1$ ; 5)  $\rho_1 \neq 1$ ,  $\rho_2 = 1$ ,  $\lambda_1 \neq 1$ ,  $\lambda_2 \neq 1$ ; 6)  $\rho_1 = 1$ ,  $\rho_2 \neq 1$ ,  $\lambda_1 \neq 1$ ,  $\lambda_2 \neq 1$ ; 7)  $\rho_1 \neq 1$ ,  $\rho_2 \neq 1$ ,  $\lambda_1 = 1$ ,  $\lambda_2 \neq 1$ ; 8)  $\rho_1 \neq 1$ ,  $\rho_2 = 1$ ,  $\lambda_1 = 1$ ,  $\lambda_2 \neq 1$ .*

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания, шеститактный, теоретический цикл, параметры.

**A.N. Sobolenko**

## **THE INTEGRATED IDEAL SIX-CYCLE OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND ITS PARTICULAR CASES OF HEAT SUPPLY**

*Thermodynamic schemes of the ideal cycle of the six-cycle internal combustion engine are given. The eight thermodynamic schemes of its particular cases, determined extreme values of parameters  $\rho_1$ ,  $\rho_2$ ,  $\lambda_1$  and  $\lambda_2$ . These are next cycles with parameters: 1)  $\rho_1 = \rho_2 = 1$ ,  $\lambda_1 \neq 1$ ,  $\lambda_2 \neq 1$ ; 2)  $\rho_1 = 1$ ,  $\rho_2 \neq 1$ ,  $\lambda_1 \neq 1$ ,  $\lambda_2 = 1$ ; 3)  $\rho_1 = 1$ ,  $\rho_2 \neq 1$ ,  $\lambda_1 \neq 1$ ,  $\lambda_2 = 1$ ; 4)  $\rho_1 \neq 1$ ,  $\rho_2 \neq 1$ ,  $\lambda_1 \neq 1$ ,  $\lambda_2 = 1$ ; 5)  $\rho_1 \neq 1$ ,  $\rho_2 = 1$ ,  $\lambda_1 \neq 1$ ,  $\lambda_2 \neq 1$ ; 6)  $\rho_1 = 1$ ,  $\rho_2 \neq 1$ ,  $\lambda_1 \neq 1$ ,  $\lambda_2 \neq 1$ ; 7)  $\rho_1 \neq 1$ ,  $\rho_2 \neq 1$ ,  $\lambda_1 = 1$ ,  $\lambda_2 \neq 1$ ; 8)  $\rho_1 \neq 1$ ,  $\rho_2 = 1$ ,  $\lambda_1 = 1$ ,  $\lambda_2 \neq 1$ .*

**Key words:** internal combustion engine, six-cycle, theoretical cycle, parameters.

В настоящее время существует ряд публикаций, посвященных шеститактным двигателям внутреннего сгорания. В основном в них освещаются практические аспекты и конструктивные решения этого типа двигателей. Теоретическим аспектом шеститактного цикла не уделяется внимания. Опубликованных работ, посвященных исследованию теоретического цикла шеститактного двигателя, практически нет. А между тем исследование теоретического цикла позволяет установить предел экономичности и эффективности цикла и определить предел использования теплоты в нем. В настоящей статье представляется попытка устранить этот пробел.

В основу исследования положена методика, разработанная В.А. Ваншейдтом [1].

При рассмотрении теоретического (идеального) цикла делаются следующие допущения:

1) предполагается, что цикл осуществляется постоянным количеством идеального газа неизменного химического состава и постоянной теплоемкости;

2) предполагается, что процессы сжатия и расширения протекают без теплообмена с окружающей средой, т.е. адиабатно;

3) сгорание топлива и удаление продуктов сгорания заменяется условными процессами подвода и отвода теплоты, протекающими при постоянном объеме и постоянном давлении. На рис. 1 в координатах давление - объем ( $p - V$ ) и температура - энтропия ( $T - S$ ) изображена схема обобщенного идеального шеститактного цикла поршневого двигателя.

Цикл состоит из адиабатного сжатия  $a_1c_1$ , смешанного подвода теплоты в первом процессе сгорания  $c_1y_1z_1$ , адиабатного расширения  $z_1b_1$ , второго адиабатного процесса сжатия  $a_2c_2$ , смешанного подвода теплоты во втором процессе сгорания  $c_2y_2z_2$ , адиабатного расширения  $z_2b$  и смешанного отвода теплоты частью по изохоре  $bf$ , частью по изобаре  $fa_1$ .

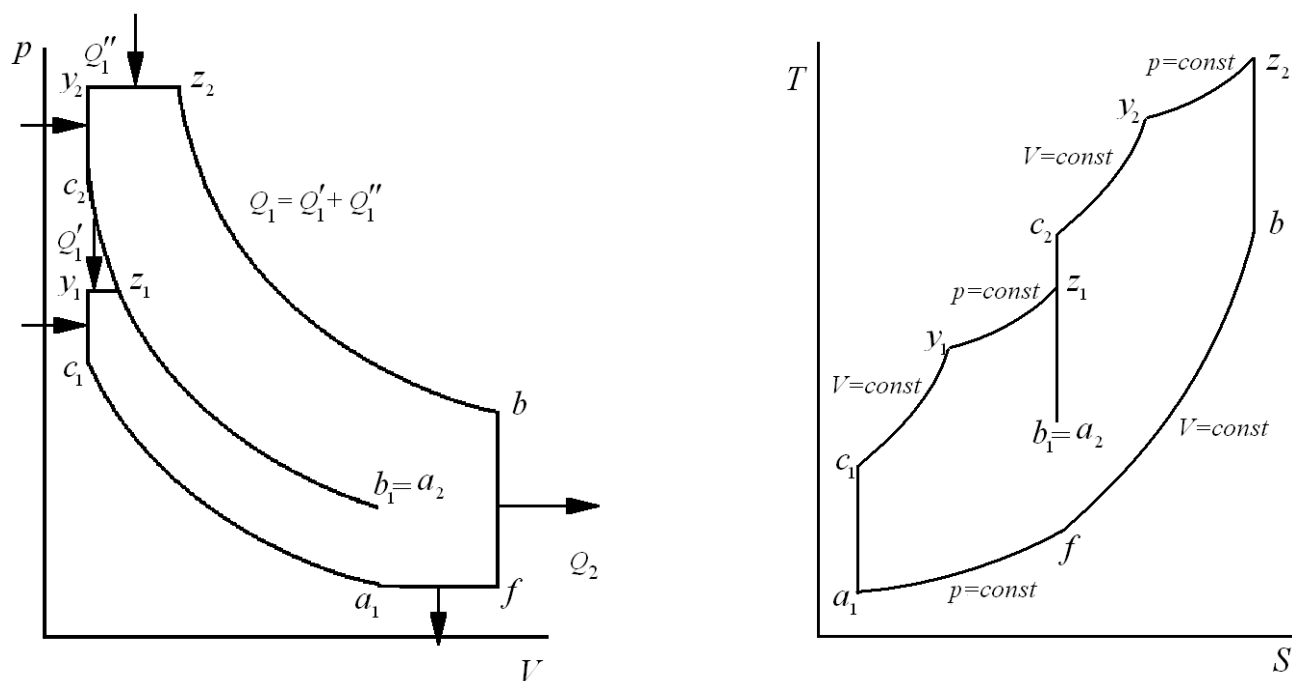


Рис. 1. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла  
 Fig. 1. The scheme of the integrated ideal cycle of the six-cycle engine

Характеристиками цикла являются [1]:

- степень сжатия  $\varepsilon = \frac{V_{a1}}{V_{c1}} = \frac{V_{a2}}{V_{c2}}$ ;
- степень повышения давления при сгорании в первом процессе  $\lambda_1 = \frac{p_{z1}}{p_{c1}}$ ;
- степень повышения давления при сгорании во втором процессе  $\lambda_2 = \frac{p_{z2}}{p_{c2}}$ ;
- степень предварительного расширения первого процесса сгорания  $\rho_1 = \frac{V_{z1}}{V_{c1}}$ ;
- степень предварительного расширения второго процесса сгорания  $\rho_2 = \frac{V_{z2}}{V_{c2}}$ ;
- характеристика способа отвода теплоты  $\sigma = \frac{p_b}{p_f}$ .

При постоянном общем количестве теплоты, подводимой в первом и втором процессах подвода теплоты, соотношение между количеством теплоты, подведенным при  $V = const$  и  $p = const$ , может быть различным. Крайними случаями будут такие, когда вся теплота подводится либо только по изохоре, либо только по изобаре.

Если вся теплота в первом и втором процессах подводится только по изохоре, то получаем цикл сгорания при постоянном объеме, так называемый цикл быстрого сгорания (рис. 2).

В этом случае процессы подвода теплоты при постоянном давлении отсутствуют, поэтому параметры  $\rho_1 = \rho_2 = 1$ , тогда как  $\lambda_1 \neq 1$ ,  $\lambda_2 \neq 1$ .

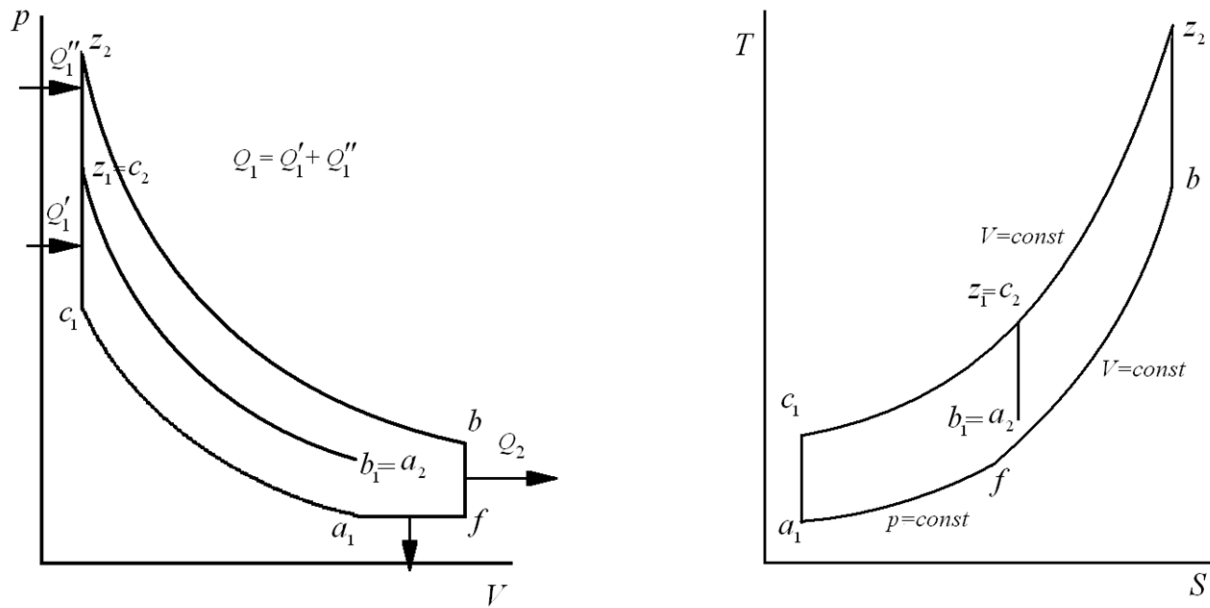


Рис. 2. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла с подводом теплоты при постоянном объеме

Fig. 2. The scheme of the integrated ideal cycle of the six-cycle engine with constant volume heat supply

Если вся теплота в первом и втором процессах подводится только по изобаре, то получаем цикл сгорания при постоянном давлении, так называемый цикл постепенного сгорания (рис. 3).

В этом случае подводы теплоты при постоянном объеме отсутствуют, поэтому параметры  $\lambda_1 = \lambda_2 = 1$ , тогда как  $\rho_1 \neq \rho_2 \neq 1$ .

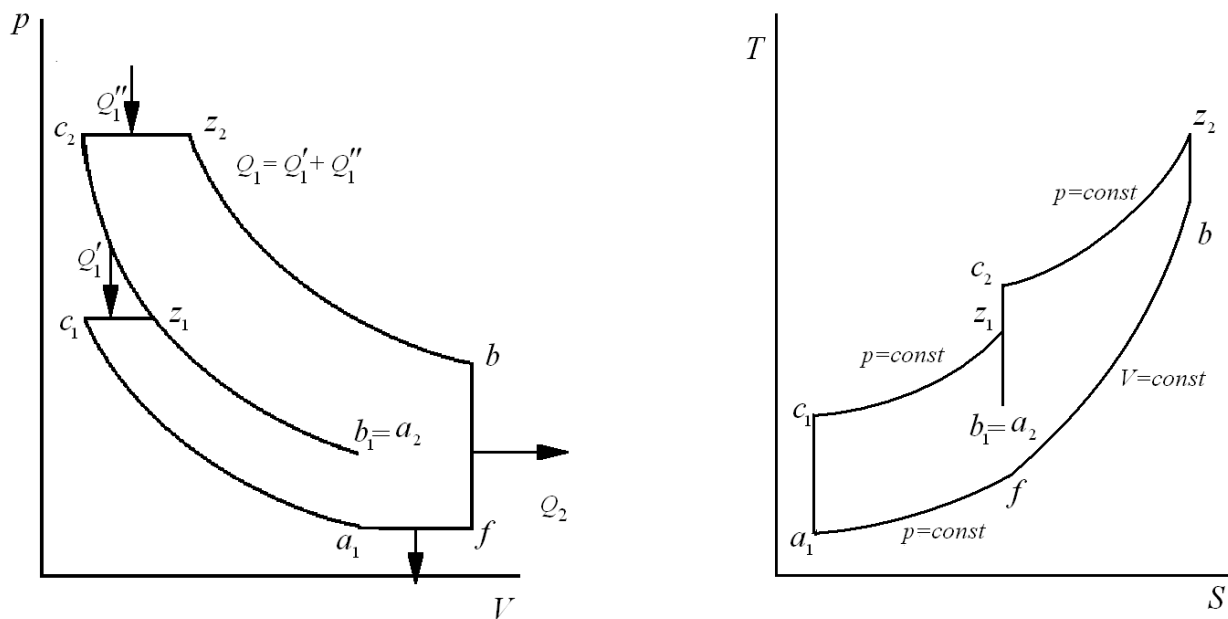


Рис. 3. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла с подводом теплоты при постоянном давлении

Fig. 3. The scheme of the integrated ideal cycle of the six-cycle engine with constant pressure heat supply

Если вся теплота в первом процессе подводится по изохоре, а во втором процессе подводится только по изобаре, то получаем цикл сгорания со смешанным подводом теплоты, который аналогичен циклу подвода теплоты в простом ДВС. В этом случае  $\rho_1 = 1$ ,  $\rho_2 \neq 1$  и  $\lambda_1 \neq 1$ , а  $\lambda_2 = 1$  (рис. 4).

Цикл со смешанным подводом теплоты в первом процессе и изобарным процессом подвода теплоты во втором процессе представлен на рис. 5.

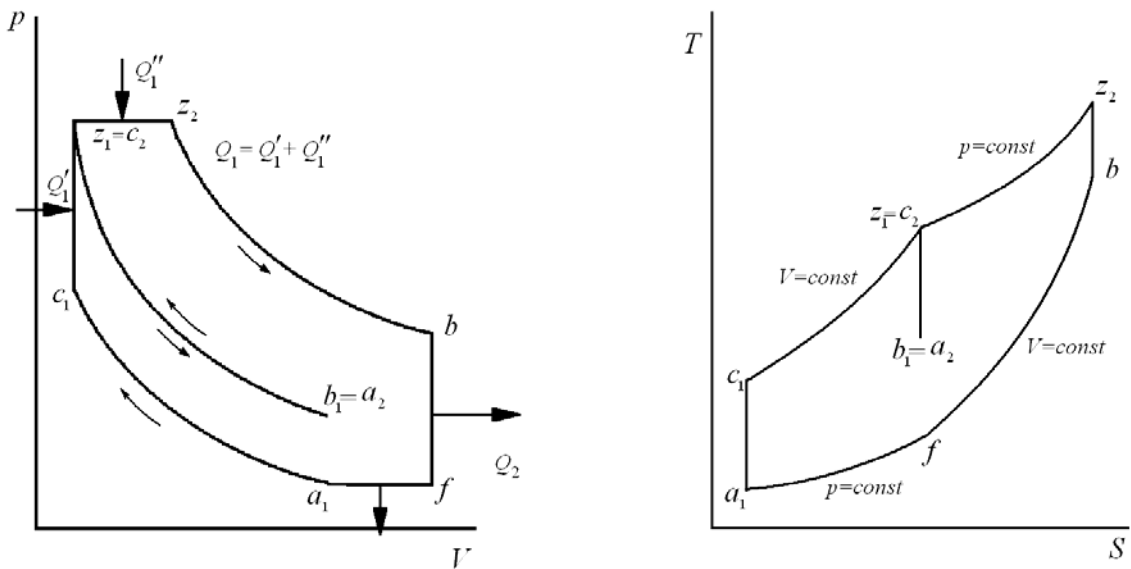


Рис. 4. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла с первым процессом подвода теплоты при постоянном объеме и со вторым процессом теплоты при постоянном давлении  
 Fig. 4. The scheme of the ideal cycle of the six-cycle engine with the first process of heat supply by constant volume and with the second process of heat supply by constant pressure

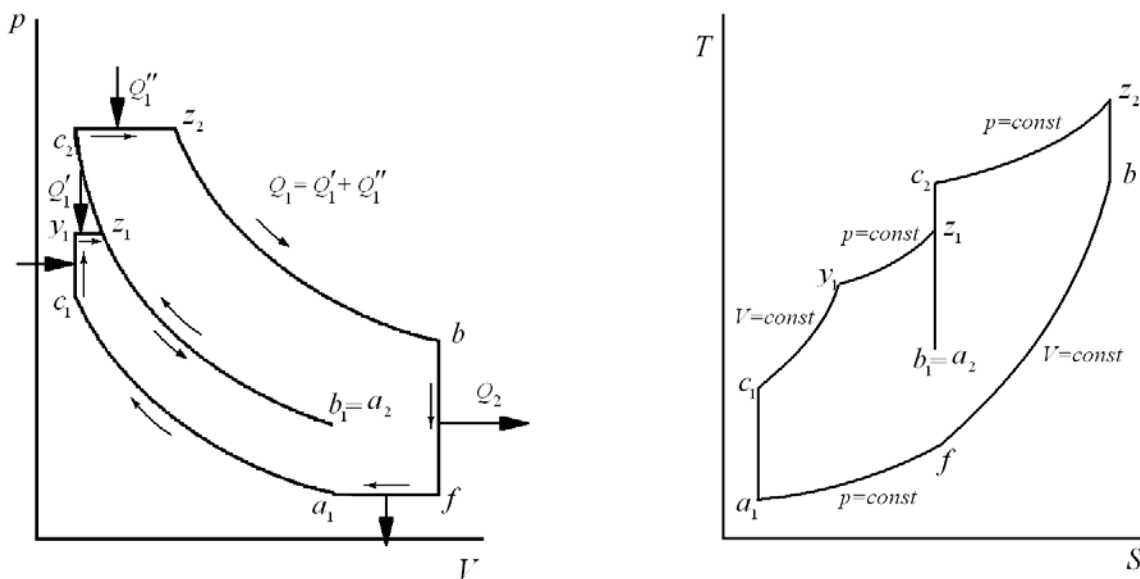


Рис. 5. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла с первым смешанным процессом подвода теплоты и со вторым процессом теплоты при постоянном давлении  
 Fig. 5. The scheme of the ideal cycle of the six-cycle engine with the mixed first process of heat supply and with the second process of heat supply by constant pressure

В этом случае  $\rho_1 \neq 1$ ,  $\rho_2 \neq 1$  и  $\lambda_1 \neq 1$ , а  $\lambda_2 = 1$ .

Цикл со смешанным подводом теплоты в первом процессе и изохорным процессом подвода теплоты во втором процессе представлен на рис. 6.

В этом случае  $\rho_1 \neq 1$ ,  $\rho_2 = 1$  и  $\lambda_1 \neq 1$ , а  $\lambda_2 \neq 1$ .

Цикл с изохорным процессом подвода теплоты в первом процессе и со смешанным подводом теплоты во втором процессе представлен на рис. 7.

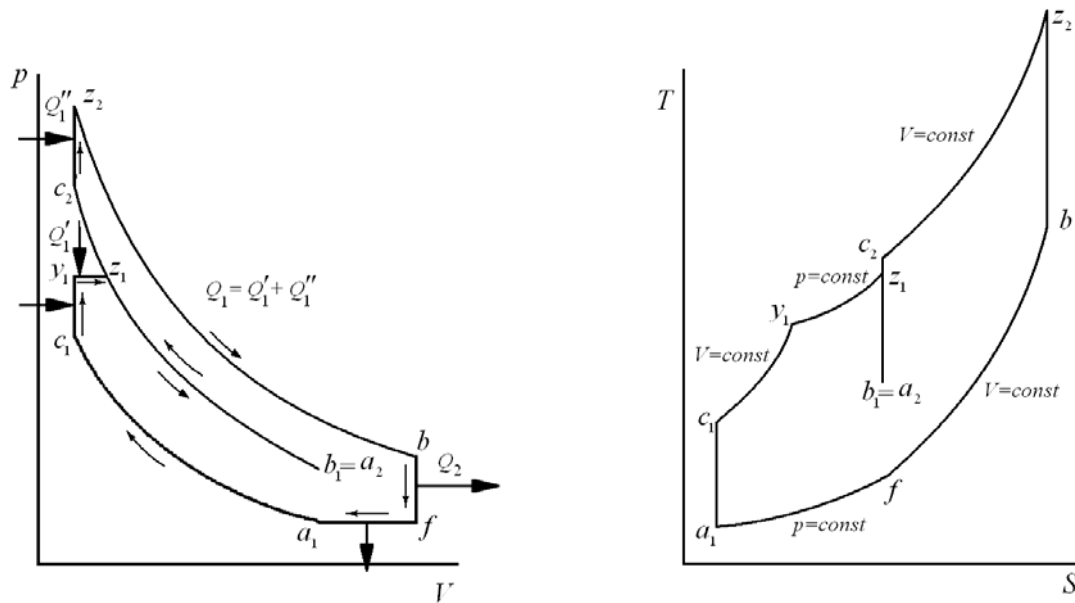


Рис. 6. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла с первым смешанным процессом подвода теплоты и со вторым процессом теплоты при постоянном объеме

Fig. 6. The scheme of the ideal cycle of the six-cycle engine with the mixed first process of heat supply and with the second process of heat supply by constant volume

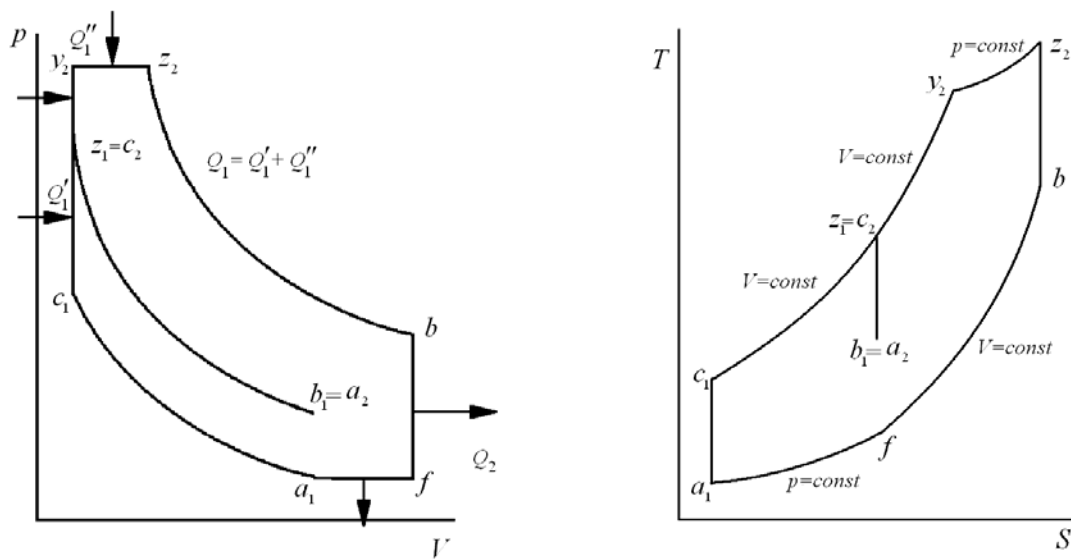


Рис. 7. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла с первым процессом теплоты при постоянном объеме и со смешанным вторым процессом подвода теплоты

Fig. 7. The scheme of the ideal cycle of the six-cycle engine with the first process of heat supply by constant volume and with the second process of mixed heat supply

В этом случае  $\rho_1 = 1, \rho_2 \neq 1$  и  $\lambda_1 \neq 1, \lambda_2 \neq 1$ .

Цикл с изобарным процессом подвода теплоты в первом процессе и со смешанным подводом теплоты во втором процессе представлен на рис. 8. В этом случае  $\rho_1 \neq 1, \rho_2 \neq 1$  и  $\lambda_1 = 1$ , а  $\lambda_2 \neq 1$ .

Цикл с изобарным процессом подвода теплоты в первом процессе и с изохорным подводом теплоты во втором процессе представлен на рис. 9.

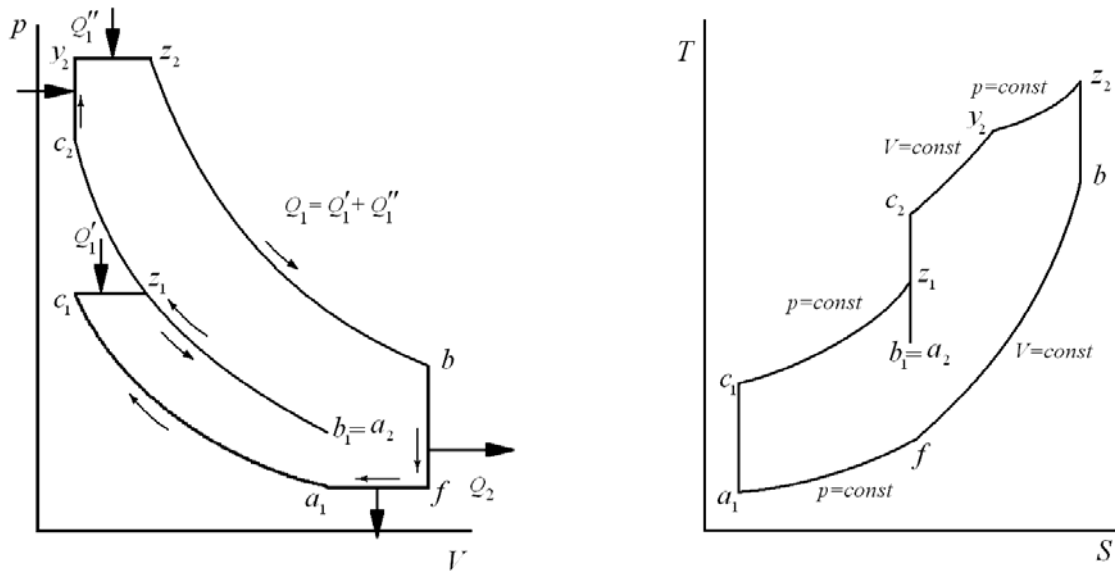


Рис. 8. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла с первым процессом теплоты при постоянном давлении и со смешанным вторым процессом подвода теплоты  
 Fig. 8. The scheme of the ideal cycle of the six-cycle engine with the first process of heat supply by constant pressure and with the second process of mixed heat supply

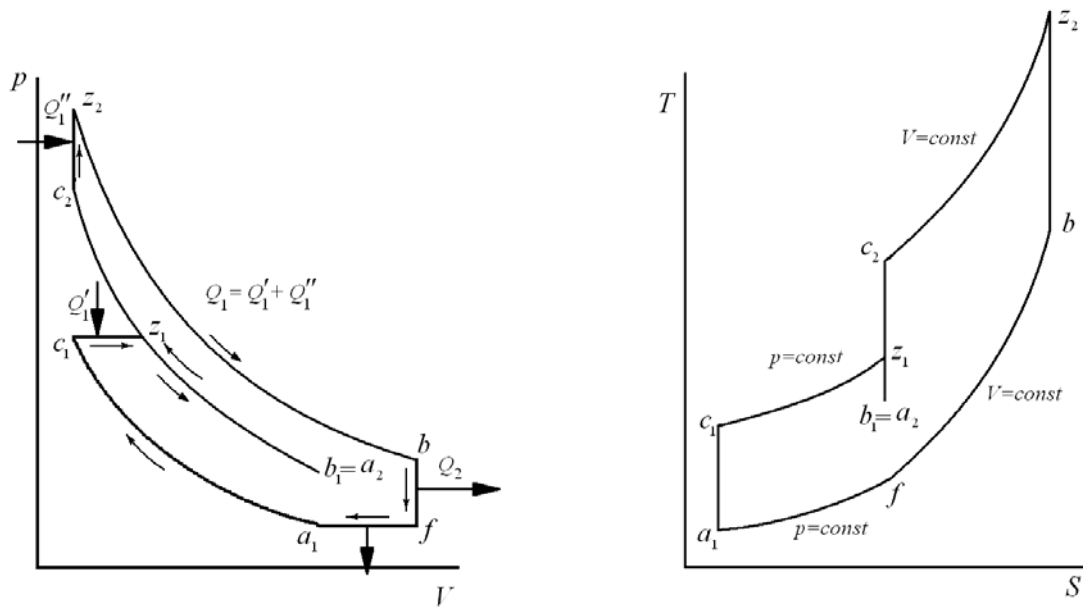


Рис. 9. Схема обобщенного идеального шеститактного цикла с первым процессом теплоты при постоянном давлении и с изохорным вторым процессом подвода теплоты  
 Fig. 9. The scheme of the ideal cycle of the six-cycle engine with the first process of heat supply by constant pressure and with the second isochoric process of heat supply

В этом случае  $\rho_1 \neq 1$ ,  $\rho_2 = 1$  и  $\lambda_1 = 1$ , а  $\lambda_2 \neq 1$ .

В результате проведенного анализа установлено, что для обобщенного идеального цикла существует восемь частных случаев, обусловленных крайними условиями подвода теплоты в первом и втором процессах. Это определяют восемь неповторяющихся сочетаний в формуле теоретического КПД таких параметров цикла, как  $\rho_1$ ,  $\rho_2$ ,  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ . Их значения определяются количеством теплоты, подводимой в действительном процессе.

Эти все сочетания подлежат исследованию на предмет определения их значений с точки получения наивысшего КПД теоретического цикла шеститактного ДВС.

### Список литературы

Ваншейдт В.А. Судовые двигатели внутреннего сгорания (теория). – Л.: Судпромгиз, 1950. – 391 с.

**Сведения об авторе:** Соболенко Анатолий Николаевич, доктор технических наук, профессор, e-mail: sobolenko\_a@mail.ru.