УДК 621.436:62-242+621.891

ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ ПРОФИЛЯ БЕГОВОЙ ДОРОЖКИ МЕХАНИЗМА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ БЕСКРИВОШИПНОЙ ПОРШНЕВОЙ МАШИНЫ

П.Н. Баранов

Рассмотрен способ задания асимметрии профиля беговой дорожки механизма преобразования движения бескривошипной поршневой машины. Приведена многопараметрическая диаграмма и примеры ее использования для задания или выбора конструктивных параметров механизма преобразования движения в зависимости от степени горизонтальной асимметрии беговой дорожки.

Следуя последовательности совершения рабочего цикла можно предположить, что показатели рабочего цикла при продолженном процессе расширения будут превышать (быть лучше) аналогичные показатели для «обычного» цикла. Подобные идеи использованы фирмой «FEV Motorentechnic» (за счет циклических смещений коленчатого вала вверх и вниз) в попытках реализовать процесс с продолженным расширением в ДВС традиционной конструктивной схемы [1, 2]. Реализация этих идей привела к значительному усложнению конструкции механизма преобразования движения относительно традиционной кривошипно-шатунной схемы КШМ. Воплощение принципа продолжительного расширения в бескривошипном ДВС, в отличие от кривошипно-шатунного, не вызывает принципиальных усложнений как конструктивной схемы механизма преобразования движения, так и двигателя в целом. При этом реализация продолжительного расширения возможна при использовании асимметрии процессов сжатия и расширения, а именно уменьшением продолжительности сжатия и увеличением продолжительности расширения. Кроме того, при задании асимметрии необходимо учитывать условие работоспособности механизма преобразования движения, относительно допустимых углов наклона беговой дорожки (30... 60 град [3]), которыми ограничивается возможная асимметрия профиля дорожки.

Рассмотрим несколько случаев, соответствующих различным значениям отношения хода поршня к диаметру беговой дорожки. Как показано (рис. 1), при различных значениях S/D на одном и том же диаметре происходит вертикальная трансформация средней линии беговой дорожки (ее продольного профиля), то есть, «вертикальное сжатие» (S/D = 0,5) и «вертикальное растяжение» (S/D = 1,5).

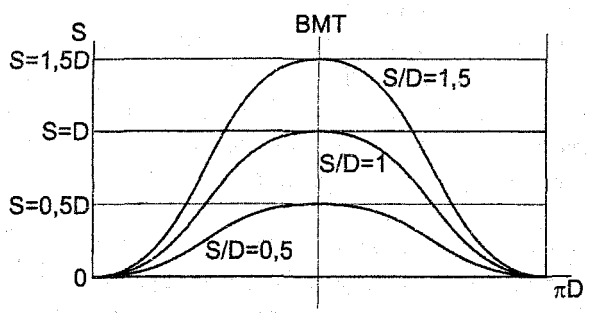

Рис. 1. Вертикальная трансформация средней линии беговой дорожки при *D* = const (*D* – диаметр поршня)

Однако такая трансформация приводит к изменению условий работы механизма преобразования движения в части его работоспособности, так как профиль беговой дорожки является основополагающим фактором, ее (работоспособность) определяющим. То есть, пределы изменения S/D будут лимитированы условием работоспособности механизма преобразования движения БКПМ нового типа [3]:

$$0,577 \cdot \frac{K}{N} \le \frac{S}{D} \le 1,732 \cdot \frac{K}{N}, \qquad (1)$$

где $K = D_P / D$ - коэффициент, учитывающий отличие диаметра поршня D и среднего диаметра беговой дорожки D_P [3].

Для случая, когда беговая дорожка выполнена на поршне, а $D \approx D_P$, где N - количество периодов беговой дорожки, при $N = 1$ условие работоспособности можно записать в следующем виде:

$$0,577 \le \frac{S}{D} \le 1,732 .$$

Наиболее важным участком беговой дорожки (с точки зрения работоспособности) является участок, соответствующий процессу сжатия, то есть участок до ВМТ. Кроме того, худшим является случай, когда на участке сжатия угол наклона беговой дорожки будет составлять более чем 60 градусов, что выходит за границы определенные условиями работоспособности механизма преобразования движения (S/D > 1,732). То есть, в случае, когда участок беговой дорожки до ВМТ «сжат» (рис. 2). Следовательно, угол наклона «растянутого» участка беговой дорожки будет менее 30 градусов (S/D < 0,577).

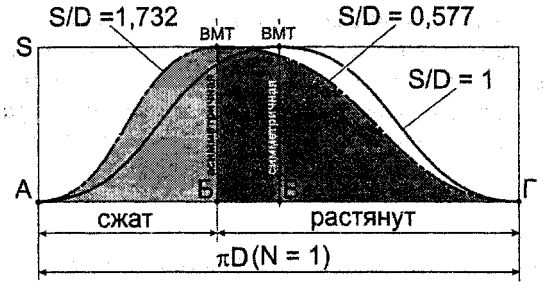

Рис. 2. К определению граничных значений коэффициента асимметрии K_A (при N = 1)

Для оценки степени «сжатия» или «растяжения» профиля беговой дорожки введем понятие коэффициента асимметрии K_A. Под таким коэффициентом будем понимать величину отклонения «граничной» точки трансформированной кривой профиля беговой дорожки, через которую может проходить ось, разделяющая эту кривую на два участка при одновременном сжатии одного из них и пропорциональном растяжении другого, относительно аналогичной симметричной кривой, В качестве такой точки может быть принята ВМТ в силу свойственных ей причин. Через эту точку, можно провести ось, разделяющую кривую профиля беговой дорожки на одинаковые и симметричные участки, соответствующие тактам рабочего цикла - сжатию и расширению.

Исходя из такого условия, что за коэффициент асимметрии беговой дорожки принято отклонение ВМТ трансформированного профиля беговой дорожки от положения ВМТ при симметричном профиле, можно найти граничные отклонения ВМТ.

Таким образом, исходя из условий работоспособности (1), для профиля беговой дорожки с количеством периодов, равным N, при асимметричной трансформации дорожки границы изменения коэффициента асимметрии находятся в следующих пределах:

$$-0{,}6668 \cdot \frac{K}{N} \le K_A \le 0{,}6668 \cdot \frac{K}{N} \qquad (2)$$

Увеличение N приводит, соответственно, к уменьшению диапазона значений S/D и K_A. Нетрудно заметить, что все граничные значения K_A при различных S/D расположены на одной линии. Таким образом, можно определить область значений K_A, зависящих от отношения S/D. Для тех случаев, когда количество периодов беговой дорожки N больше единицы (2, 3 и т.д.) происходит увеличение количества участков «сжатия» и «расширения», пропорциональное N, тогда условное отношение S/D на каждом из участков увеличится в N раз. Вместе с тем, должно выполняться условие работоспособности механизма преобразования движения (1).

При этом наибольший коэффициент асимметрии достигается по наименьшей границе из условия работоспособности (отношения S/D) для любого количества периодов беговой дорожки N. Эти условия позволяют получить диаграмму (рис. 3), отражающую взаимосвязь коэффициента асимметрии K_A и параметров беговой дорожки (конструктивного отношения S/D и количества периодов беговой дорожки N при симметричном профиле) с учетом условий работоспособности механизма преобразования движения.

Использование диаграммы позволяет производить следующие операции.

1. На основании заданных N и типе горизонтальной асимметрии беговой дорожки (левая, характеризуемая отрицательными значениями K_A на оси абсцисс - соответствующая циклу с продолжительным расширением, или правая, характеризуемая положительными значениями K_A на оси абсцисс - соответствующая циклу с обратным соотношением продолжительностей процессов) может быть определен диапазон допустимых значений S/D, обеспечивающих работоспособность БКПМ.

2. На основании заданных S/D и N может быть произведена проверка возможности существования работоспособной БКПМ с такими геометрическими соотношениями основных элементов преобразующего механизма, и при положительном результате выполнения такой проверки - определен диапазон возможных значений коэффициента горизонтальной асимметрии K_A, отвечающих этому условию.

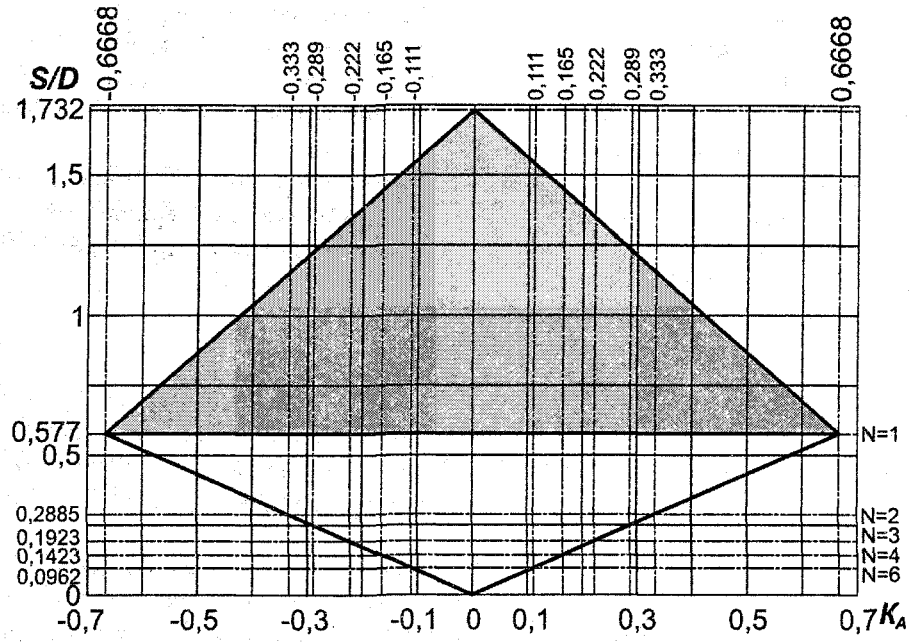

Рис. 3. Многопараметрическая диаграмма, взаимосвязи K_A с основными параметрами беговой дорожки

Поясним методику использования диаграммы на следующих примерах.

1. Пусть заданы параметры: $N = 2$, и беговая дорожка обеспечивает реализацию цикла с продолжительным расширением. В этом случае из точки пересечения горизонтальной прямой, проходящей через значение $N = 2$, со вспомогательной линией, соответствующей левой асимметрии беговой дорожки (расположенной в интервале отрицательных значений K_A по оси абсцисс) восстанавливается перпендикуляр, который пересекает область существования механизмов БКПМ нового типа с асимметричными беговыми дорожками (см. рис. 3). Через точки пересечения этого перпендикуляра с линиями, ограничивающими названую область, проводятся горизонтали, которые, в свою очередь, пересекают шкалу S/D (левая ось ординат на рис. 3). Последние точки пересечения ограничивают диапазон допустимых значений S/D, обеспечивающих работоспособность БКПМ.

При этом в БКПМ с величиной S/D, соответствующей верхней границе найденного диапазона, может быть использован интервал значений K_A, расположенных между точкой пересечения горизонтали $N=2$ (включительно) и нулем на оси абсцисс (шкала K_A).

2. Пусть заданы значения: $S/D = 1$ и $N = 2$.

Через значение $SID = 1$ на шкале SID (левая ось ординат на рис. 3) проводится горизонталь до пересечения с левой наклонной линией, ограничивающей область существования механизмов БКПМ нового типа с асимметричными беговыми дорожками (см. рис. 3). Из полученной точки пересечения опускается перпендикуляр до пересечения с левой вспомогательной линией, соответствующей левой асимметрии беговой дорожки (расположенной в интервале отрицательных значений K_A по оси абсцисс). Если последняя точка пересечения располагается справа от точки пересечения горизонтали, соответствующей заданному значению $N = 2$, с этой же вспомогательной линией, то БКПМ с выбранными параметрами механизма будет неработоспособна. Таким образом, в данном примере (при заданных параметрах) БКПМ работоспособна.

В случае, если БКПМ с выбранными параметрами окажется неработоспособной (последняя точка пересечения располагается слева от точки пересечения горизонтали, соответствующей заданному значению N со вспомогательной линией), то для обеспечения работоспособности машины необходимо задаваться другими значениями указанных параметров: увеличивать SID или уменьшать N и выполнять повторную проверку.

При этом для задания степени асимметрии беговой дорожки может быть использован интервал значений K_A, расположенных справа от «проверяемой» точки, включая значение K_A в самой этой точке.

Аналогичные рассмотренным выше операции могут быть произведены с использованием многопараметрической диаграммы (рис. 3) при необходимости обеспечения в БКПМ нового типа обратного соотношения продолжительностей процессов сжатия и расширения (в случае, когда, например, продолжительность процесса сжатия превышает продолжительность процесса расширения рабочего тела такой машины).

Для численного определения граничной величины коэффициента асимметрии относительно известных соотношения S/D и количества периодов N (симметричного профиля беговой дорожки), с учетом геометрической взаимосвязи параметров, отображенных диаграммой (рис. 3), можно воспользоваться следующей формулой:

$$K_A = 1 - \frac{S}{D} \cdot \frac{N}{1{,}732}. \qquad (3)$$

Выражение (3) позволяет определить границы изменения K_A для любого S/D и количества N в пределах работоспособности механизма преобразования движения.

Коэффициент асимметрии позволяет регламентировать не только «горизонтальную», но и «вертикальную», а также и «смешанную» трансформацию профиля беговой дорожки.

Литература

1. Воробьев-Обухов А. Новинки, исследования, изобретения. Игры с тактами // Сайт журнала «Зарулем». - 2004. - http://www.arch.zr.ru/articles/130_07_2004.html.

2. Воробьев-Обухов А., Фомин А. Новинки, исследования, изобретения. Нет ни чего постоянного //Сайт журнала «Зарулем». - 2004. - http://www.arch.zr.ru/articles/J78_10_2004.html.

3. Шароглазов Б. А., Клементьев В. В. Кинематика и динамика бесшатунного ДВС с вращающимися поршнями. -Рук. деп. /ВИНИТИ 14.03.97. № 784-В 97.

4. Пат. RU 2117172 C1, 6 F 02 B 75/32, 75/26, 75/28, F 01 B 9/06. Бесшатунный двигатель внутреннего сгорания с вращающимися поршнями / Б. А. Шароглазов, П. Н. Баранов, В. В. Клементьев (РФ). -№ 96117967/06; Заявлено 10. 09. 96; Приоритет 10. 09. 96; Опубл. 10. 08. 98// Бюл. № 22.