

# Передовая конструкция системы двухступенчатого турбонаддува второго поколения Power2

**In brief**

*Innovative design of Power2 two-stage turbocharger system of second generation.*

*High efficiency of Power2 turbocharging system is achieved by means of special construction of the system. The main part of the design is compressor and turbine parts. Pressure ratios of compressors and turbines of high and low pressure stages in two-stage turbocharging systems are usually different from pressure ratio of single-stage systems. High pressure turbocompressor has two variants of the compressor which are defined in accordance with required total level of pressure ratio. The compressor of high pressure stage of first generation provides optimal compressor output for the applications with pressure ratios up to 10. For the applications with pressure ratios up to 12 absolutely new design of compressor high pressure stage was developed.*

**А. А. Жерехов, Ю. А. Орлова – ООО «АББ»**

**В этом году исполняется 10 лет коммерческого использования системы Power2. Но и сегодня концепция двухступенчатого турбонаддува АББ актуальна как никогда, так как существует необходимость повышения эффективности, снижения выбросов и эксплуатационных расходов.**

## Оптимальная производительность

Высокая эффективность системы Power2 достигается благодаря ее специальной конструкции. Особый вклад в это вносят компрессорные и турбинные части. Степени сжатия в компрессорах и турбинах низкого и высокого давления двухступенчатых систем обычно отличаются от степени сжатия одноступенчатых систем. На рис. 1 показана эта разница путем сравнения карт одноступенчатого компрессора ступени низкого давления Power2 для одного и того же диаметра рабочего колеса.

Турбокомпрессор (далее ТК) ступени высокого давления имеет два варианта компрессора, которые определяются в соответствии с общей необходимой степенью повышения давления. Компрессор ступени высокого давления первого поколения обеспечивает оптимальную производительность для применений со степенью повышения давления до  $\pi_c \leq 10$ . Для  $\pi_c \leq 12$  была разработана совершенно новая конструкция компрессора ступени высокого давления. Первая и вторая ступень были оптимизированы с учетом ширины карты компрессора и эффективности в их конкретном рабочем диапазоне (карты компрессоров представлены на рис. 2).

Обе ступени работают с КПД до 84% при расчетной степени повышения давления. Как для ступени низкого, так и для ступени высокого давления используются осевые турбины. Конструкции турбинных сторон учитывают различные потребности ступеней высокого и низкого давления. Это обусловлено различными температурными уровнями и требованиями к плотности потока.

Конструкция осевой турбины для ступени высокого давления сочетает в себе преимущества высокого удельного объемного расхода (рис. 3), оптимального КПД даже на долевых нагрузках и хорошей разгонной характеристики за счет малого момента инерции массы. Требования к ступени турбины низкого давления также существенно отличаются от требований к турбинам одноступенчатых турбокомпрессоров.

Требуемый диапазон удельных объемных расходов для турбины низкого давления сильнее смещен в сторону низких значений, в отличие от турбин одноступенчатых ТК (рис. 4). Это свойство было использовано при проектировании новой ступени турбины низкого давления для получения более высокого КПД данной ступени.

## Снижение операционных затрат

В системах Power2 в ступени низкого давления используется базовый турбокомпрессор, а в ступени высокого давления – турбокомпрессор меньшего размера. Эффективность турбонаддува повышается с 65 до 75 % и выше, развивая степень повышения давления до 12 и позволяя использовать цикл Миллера для увеличения удельной мощности при соблюдении установленных норм по вредным выбросам. Система позволяет использовать все виды топлива – от газа до тяжелого дизтоплива.

Таким образом, преимущества Power2 очевидны. Применение системы позволяет:

- экономить операторам более 5 % расходов на топливо: например, для двигателя мощностью 10 МВт это составляет около 2,5 тонн дизельного топлива за 24 часа работы;
- нагнетать необходимое количество воздуха для определенной настройки цикла Миллера, находясь ниже предела вредных выбросов, но не оказывая отрицательного воздействия на расход топлива;
- снизить тепловую нагрузку на двигатель, позволяя производителям выбирать более доступные материалы при его разработке.

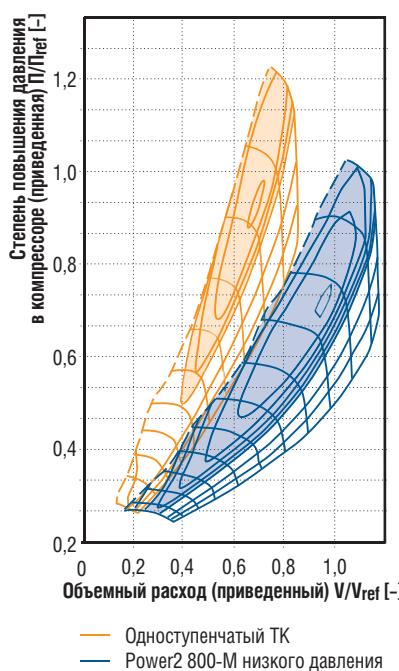
## Упрощение обслуживания

Обычно демонтаж картриджа ТК осуществляется в шесть этапов: снятие изоляции, всасывающего патрубка, разборка фланцевого соединения на выходе из компрессора, снятие корпуса компрессора, отсоединение труб подвода масла и охлаждающей жидкости, затем демонтаж самого картриджа.

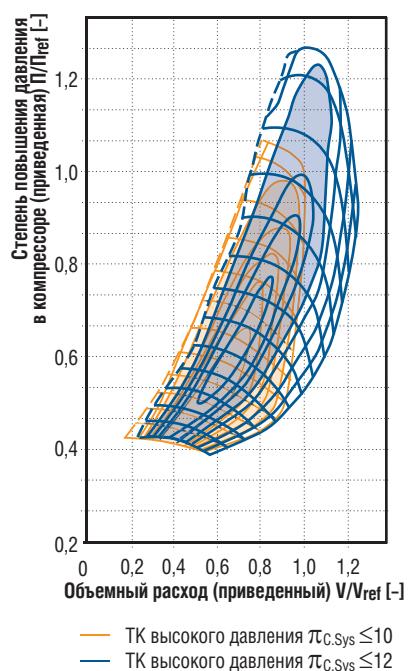
В системе Power2 этот процесс сокращен до двух этапов: как доказательство того, что два турбокомпрессора, объединенные в одну систему, не обязательно должны быть более сложными, удаляется всасывающий патрубок, обеспечивая доступ к картриджу, чтобы можно было сразу его извлечь. Существует специально разработанный инструмент, чтобы сделать это возможным, и, хотя для этого потребовалась полная переделка турбокомпрессора, удаление картриджа значительно упростилось.

Это особенно важно, когда речь идет об электростанциях, владельцы которых заключают договоры на бесперебойную поставку электроэнергии потребителям. Благодаря инновационной конструкции Power2, требуется на 30 процентов меньше времени на стандартное техническое обслуживание, в результате время простоя сведено к минимуму.

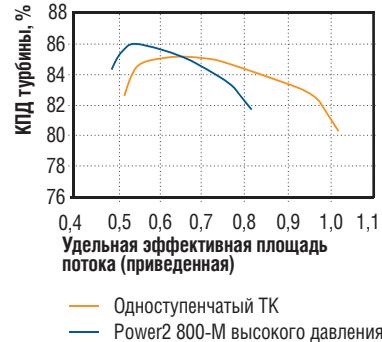
Процесс извлечения картриджа из турбокомпрессора показан на *рис. 5*.



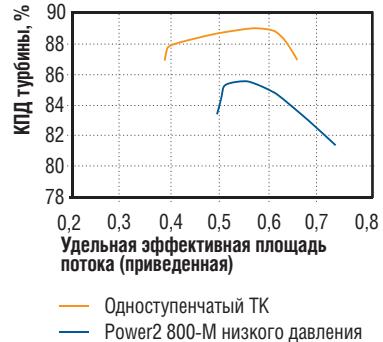
**Рис. 1. Карты компрессора одноступенчатого ТК (A100M) и ТК низкого давления Power2 800-M при равном диаметре рабочего колеса**



**Рис. 2. Карты компрессора ТК высокого давления Power2 800-M**



**Рис. 3. Сравнение КПД турбины с удельной эффективной площадью потока одноступенчатого ТК и ТК Power2 800-M высокого давления**

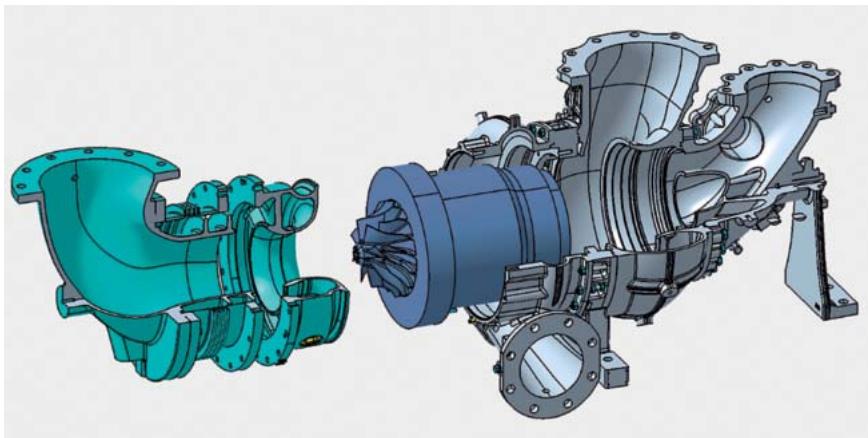


**Рис. 4. Сравнение КПД турбины с удельной эффективной площадью потока одноступенчатого ТК и ТК Power2 800-M низкого давления**

## Заключение

Power2 – это специальная двухступенчатая система турбонаддува ABB Turbocharging, разработанная для реализации новых стандартов в области турбонаддува. Благодаря степени повышения давления в компрессоре до 12 и КПД турбонаддува более 75 % (по сравнению с КПД обычного турбокомпрессора 65 %), Power2, несомненно, является самым мощным мультиплексором энергии для четырехтактных двигателей.

Эффективность турбонаддува Power2 легко выражается в шестизначной ежегодной эконо-



**Рис. 5. Процесс извлечения картриджа из турбокомпрессора**

мии топлива и значительном сокращении вредных выбросов – до 60 % по эмиссии NO<sub>x</sub>.

В России ABB Switzerland Ltd. Turbocharging имеет собственный сервисный центр в С.-Петербурге, в зоне ответственности которого находятся также Армения, Казахстан, Киргизия, Таджикистан, Туркмения и Узбекистан. Подразделение осуществляет поставки новых турбокомпрессоров, оригинальных сервисных запасных частей, а также проводит работы по техническому обслуживанию, ремонту и модернизации турбокомпрессоров ABB.

Сервисный центр оснащен самым современным оборудованием и складом оригинальных запчастей. Работы выполняются сервисными инженерами, прошедшими обучение и сертификацию в сервисном центре ABB Turbocharging Service в Швейцарии. Компания обеспечивает своим заказчикам 98 % наличия на складе в Швейцарии оригинальных запасных частей для всех типов турбокомпрессоров ABB. Поставка в Россию осуществляется в течение 4–5 рабочих дней. **TD**

**Сервисная станция ABB Turbocharging**  
194044, Санкт-Петербург,  
ул. Гельсингфорсская, д. 4/1  
Тел. +7 (812) 322 99 00  
email: [turbo@ru.abb.com](mailto:turbo@ru.abb.com)  
<https://new.abb.com/turbocharging>



## ДТЭК «Павлоградуголь» (Украина) переводит котельные на шахтный метан и строит ГПЭС.

Блочная газопоршневая теплоэлектростанция CG170-12 компании Caterpillar предназначена для энергоснабжения шахты «Степная». ГПЭС построена в рамках pilotного проекта по утилизации шахтного метана компании Recycling Solutions. Электрическая и тепловая мощность станции составляет по 1200 кВт. В ее состав входят блоки подготовки газа, система утилизации тепла, автоматизированная система управления.

Режим работы электростанции – в параллель с сетью, с выдачей мощности в сеть. Станция частично обеспечит потребности шахты в электрической и тепловой энергии. С вводом ТЭС значительно снизится количество выбросов метана в атмосферу, что улучшит экологическую обстановку и безопасность производства.

В ходе модернизации котельной шахты также будет использоваться шахтный метан. Для котла разработаны квазикинетические горелки, которые позволяют использовать метановоздушную смесь с большим содержанием влаги. При этом котел может работать как на метане, так и на угле, в случае снижения объемов откачиваемого газа. В дальнейшем Recycling Solutions планирует реализовать аналогичные проекты еще на двух угольных шахтах Украины.

Использование шахтного газа для генерации – достаточно сложная инженерная задача. Кроме проектирования и строительства самой электростанции, необходима разработка систем газоподготовки и оптимизация режимов работы станции. Газопоршневая ТЭС отвечает современным строгим требованиям технической безопасности.

Шахта «Степная», расположенная в Днепропетровской области, является сверхкатегорийной по содержанию метана и опасна по взрывчатости угольной пыли.

**DTEK Pavlogradugol (Ukraine) is switching boiler-houses to the operation on coalmine methane and is building gas engine power station.**

Caterpillar CG170-12 block-unit power station has been constructed for power supply of Stepnaya coalmine. The station was commissioned under the pilot project of Recycling Solutions company for utilization of coalmine methane. Electric output of the station is 1200 kW. It is equipped with fuel gas processing unit. Waste-heat recovery system and automated control system. The station operates on the base mode in parallel with the main power grid with electric power delivery to the grid.