

# Газовые утилизационные бескомпрессорные турбины производства Невского завода

Е. К. Павлов, А. В. Мазакин, В. М. Степанов – АО «Невский завод»

Значительные потребности предприятий с полным металлургическим циклом могут обеспечиваться за счет использования вторичных энергетических ресурсов. Так, за счет использования избыточного давления доменного газа можно компенсировать до 40 % потребности предприятия в энергии, затрачиваемой на доменное дутье.

## In brief

### Top-pressure recovery compressor-free turbines produced by the Nevsky Plant.

Significant electric power demands of enterprises with a full metallurgical cycle can be met through the use of secondary energy resources.

Thus, due to the use of excessive pressure of blast furnace gas, it is possible to compensate up to 40% of the energy needs of the enterprise spent on blast.

The use of schemes with the installation of a top-pressure recovery compressor-free turbine is the most effective technology for such solutions, since it allows to use the pressure energy of the exhaust gas flow without the use of additional fuel.

The operation of top-pressure recovery turbines reduces CO<sub>2</sub> and other emissions in proportion to the amount of electricity produced without burning additional fuel. The turbine plant is easily integrated into the technological cycle of both newly introduced and existing blast furnace equipment.

Применение схем с установкой газовой утилизационной бескомпрессорной турбины (ГУБТ) наиболее эффективная технология для подобных решений, так как она позволяет использовать энергию давления потока отработанного газа без применения дополнительного топлива. Работа ГУБТ сокращает выбросы CO<sub>2</sub> и другие выбросы пропорционально объему электроэнергии, произведенной без сжигания дополнительного топлива. Турбоустановка легко встраивается в технологический цикл как вновь вводимого, так и действующего доменного оборудования.

Практически без затрат топлива установка позволяет вернуть до 40 % электроэнергии, затрачиваемой на доменное дутье. Кроме того, охлажденный доменный газ далее поступает на теплоэлектроцентраль и на нагревательные печи прокатных цехов,

обеспечивая его повторное применение. Таким образом, при установленной системе ГУБТ доменный газ эффективно генерирует энергию дважды: при расширении в турбодетандере и при дальнейшем сжигании по традиционной схеме.

Конструктивно ГУБТ – осевая многоступенчатая прямоточная турбина. Агрегат включает следующие основные элементы и устройства: корпус, ротор, подшипники, блок регулировочных диафрагм, системы маслосмазки, уплотнений и газоотсосов; элементы, обеспечивающие безопасность работы установки и элементы сочленения вала турбины с валом генератора; опорную плиту.

Корпус турбины – стальной, сварной конструкции, внутри размещены ротор с подшипниками и уплотнениями, блок диафрагм и другие элементы. В конструкции



➤ Бескомпрессорная турбина на предприятии «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат».

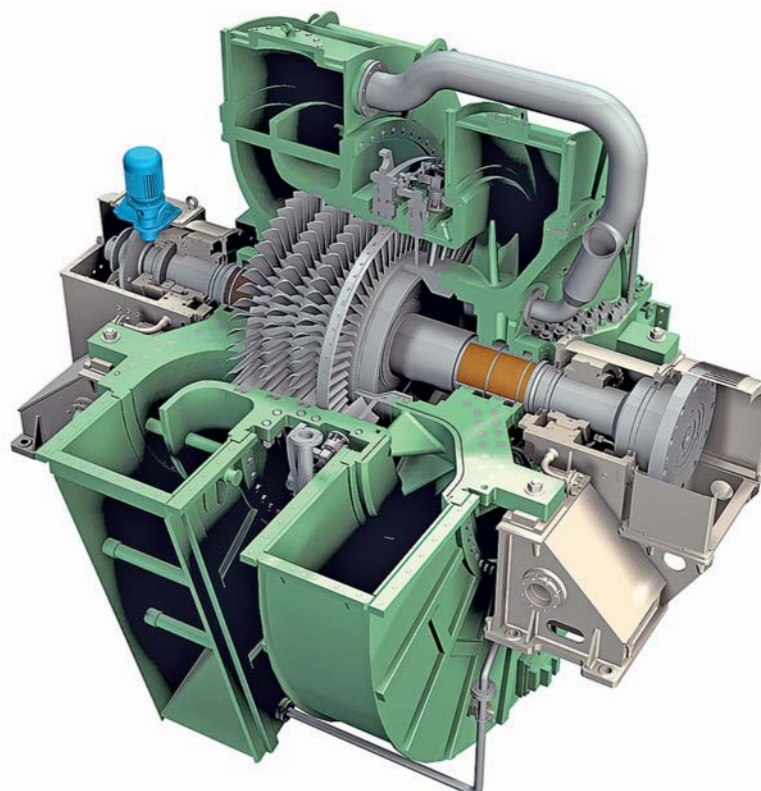
предусмотрен поворотный направляющий аппарат, позволяющий изменять расход турбины на изменяющиеся условия работы доменной печи в процессе эксплуатации, а также быстродействующий запорно-регулирующий орган. Герметичность агрегата обеспечивается подводом к лабиринтовым уплотнениям турбины и сальникам поворотных лопаток азота под давлением, превышающим давление доменного газа. Это исключает проникновение доменного газа в машинный зал. Турбина оснащена электрогидравлической САУ, позволяющей обходиться без обслуживающего персонала в машзале.

Вал ротора, опирающийся на два подшипника скольжения, размещенных внутри корпуса, сочленяется с валом генератора зубчатыми эластичными муфтами. Рабочие колеса ротора жестко посажены на вал. Направляющие аппараты, установленные перед ними, допускают некоторую регулировку лопаток.

Передний подшипник турбины опирается в корпусе на пустотелые стойки обтекаемой формы, через которые осуществляется подвод и слив масла. В корпусе заднего подшипника турбины установлены главный (рабочий) маслонасос с приводом от вала через зубчатую передачу, реле осевого сдвига, регулятор скорости вращения ротора, датчик оборотов, автомат безопасности и регулятор давления масла.

Очищенный газ направляется в турбину через входной дроссельный клапан и впускной клапан. При аварийной ситуации срабатывают перепускные клапаны и аварийный отсечный клапан. После срабатывания в ГУБТ доменный газ подается в газопровод через выпускной клапан. Если выход доменного газа превышает пропускную способность ГУБТ, предусмотрена схема регулирования с помощью открытия сбросного байпасного клапана перед дроссельной группой при полностью открытых лопатках ГУБТ.

Система автоматического управления поддерживает постоянное давление газа перед



3-D модель газовой утилизационной бескомпрессорной турбины

турбиной и частоту вращения ротора и не допускает повышения температуры газа выше расчетного значения, появления опасной вибрации или осевого сдвига ротора, обеспечивает необходимое давление масла и его температуру. Все системы работают от соответствующих датчиков, которые поддерживают параметры работы в нормальных пределах, а при достижении критических величин осуществляют автоматическую остановку турбины с подачей соответствующих светозвуковых сигналов.

#### Особенности ГУБТ производства

##### АО «Невский завод»:

- частота вращения 1500 об/мин, что снижает возможность эрозионного износа лопаток при работе на запыленном газе;
- регулирование частоты вращения или давления газа перед турбиной при помощи

#### Технические характеристики бескомпрессорных турбин производства АО «Невский завод»

Наименование параметра	ГУБТ-8	ГУБТ-12	ГУБТ-16	ГУБТ-25
Объемный расход газа при 0,101 МПа и 0 °С, м³/ч	300 000	450 000	600 000	900 000
Абсолютное давление газа во входном патрубке, МПа	0,304	0,304	0,317	0,304
Температура газа во входном патрубке, °С	50	50	50	50
Давление газа за турбиной, МПа	0,112	0,112	0,116	0,108
Частота вращения, об/мин	1500	1500	1500	1500
Суммарная мощность на муфте турбины, МВт	7,6	11,6	15,6	22,9
КПД электрогенератора	0,97	0,97	0,97	0,975
Мощность на клеммах электрогенератора	7,4	11,2	15,1	22,3



поворотного направляющего аппарата с гидравлическим приводом;

- наличие системы промывки проточной части турбины водой оборотного цикла газоочистки доменного цеха;
- наличие системы отвода конденсата от подводящего и отводящего патрубков турбины с конденсатоотводчиками поплавкового типа.

Одним из ярких и успешных примеров применения ГУБТ на отечественных металлургических предприятиях является энергосберегающий проект на Нижнетагильском металлургическом комбинате (ЕВРАЗ НТМК). Более года на предприятии эксплуатируется ГУБТ производства Невского завода (входит в группу «Газпром энергохолдинг индустриальные активы») в комплексе с доменной печью ЕВРАЗ НТМК №7. Применение ГУБТ позволило нижнетагильскому предприятию снизить экологическую нагрузку на окружающую среду (что немало важно для крупных металлургических производств). Кроме того, агрегат обеспечивает увеличение генерации собственной электроэнергии более чем на 90 000 МВт·ч в год, что позволяет снизить объем закупаемой электроэнергии у внешних поставщиков. Расход доменного газа через ГУБТ составляет 460 000 м<sup>3</sup>/ч.

Невский завод – старейшее российское промышленное предприятие, которое в этом году отмечает 165-летие с момента своего основания. С 2019 года завод входит в промышленную группу «Газпром энергохолдинг индустриальные активы». Еще в 1930-х годах на предприятии начало осваиваться производство энергетического оборудования для активно

⤿ Ротор турбины  
в сборочном цехе



развивавшейся тогда советской металлургической промышленности. На Невском заводе были изготовлены первые отечественные компрессоры, воздуходувки, эксгаустеры и бустеры. В середине 20 века на Невском заводе сформировалась собственная уникальная школа турбокомпрессоростроения, позволившая решить ряд стратегических для отечественной промышленности задач в области проектирования и разработки собственных технологий производства паровых и газовых турбин, осевых компрессоров для нефтегазовой отрасли, нефтехимической промышленности и металлургии. Именно на Невском заводе впервые в мире было предложено использовать газовые утилизационные бескомпрессорные турбины на доменных производствах. Такая турбина была спроектирована, изготовлена и сдана в эксплуатацию в 1954 году на Магнитогорском металлургическом комбинате. В то время эта идея не нашла широкой поддержки в нашей стране, но была реализована и получила широкое распространение за рубежом.

Невский завод вернулся к этой идее в 2000-х гг. В 2002 году на Череповецком металлургическом комбинате ОАО «Северсталь» была введена в эксплуатацию газовая утилизационная турбина мощностью 25 МВт, работавшая в комплексе с доменной печью №5 («Северянка»), которая была спроектирована и изготовлена Невским заводом совместно с немецкой компанией Zimmermann & Jansen. В процессе работы агрегат продемонстрировал высокую эффективность и хорошие технико-экономические показатели.

В новом проекте утилизационной турбины, реализованном на предприятии ЕВРАЗ НТМК, применены технические решения, уже отработанные и зарекомендовавшие себя на ГУБТ-25, а также внедрены новые разработки Невского завода, что позволяет предложить заказчикам наиболее эффективные решения с точки зрения надежности, производительности и безопасности оборудования.

Применение ГУБТ на доменных производствах стало распространённой практикой в большинстве развитых стран мира. Сегодня крупные отечественные металлургические производства проявляют большой интерес к данной технологии, позволяющей решать экологические проблемы и приносящей значительный экономический эффект. Для решения этих задач Невский завод предлагает современный агрегат, полностью основанный на российских технологиях, на практике доказавший свою надежность и экономическую эффективность. **ТД**