

Алексей Матявин,
руководитель отдела инжиниринга и продаж
оборудования СЗАО «Филтер»

Максим Рынкевич,
инженер-энергетик
СЗАО «Филтер»

Станислав Пальчех,
инженер-энергетик
СЗАО «Филтер»

Замена паровых турбин – инвестиция в будущее

Устаревшие паротурбинные установки – фактор снижения эффективности промышленных предприятий. Современные турбоагрегаты, разработанные с учетом новых требований, обеспечивают сокращение удельных энергозатрат, повышение надежности энергоснабжения и уменьшение эксплуатационных расходов. В этой статье мы рассмотрим ключевые инновации, обеспечивающие экономию пара, и на примере покажем, как модернизация турбин может стать выгодным вложением в энергоэффективное будущее промышленных предприятий.



Износ турбоагрегатов

Существенная часть оборудования, используемого на промышленных предприятиях, в том числе паротурбинные установки, была введена в эксплуатацию еще в советский период и в настоящее время нередко работает с превышением нормативных сроков службы.

Паровые турбины, ранее выпускавшиеся на Калужском, Уральском, Ленинградском и других машиностроительных заводах, продолжают обеспечивать промышленные объекты Республики Беларусь тепловой и электрической энергией. Однако

моральный и физический износ основных фондов приводит к снижению эффективности. Удельный расход пара на производство 1 кВт·ч электроэнергии у большинства установок увеличился на 10-15 % относительно паспортных значений. Это приводит к росту себестоимости продукции, повышению затрат на обслуживание оборудования и снижению его надежности.

Согласно данным официальной статистики, доля ТЭЦ, мини-ТЭЦ и иных установок комбинированного производства промышленных предприятий составляет около 10 % от общего объема выработки электрической энергии в стране. При этом бо-

лее 55 % топливно-энергетических ресурсов, потребляемых промышленностью, приходится на тепло- и электроэнергию. Эти показатели подчеркивают, что техническое состояние турбоагрегатов оказывает прямое влияние на эффективность работы промышленных предприятий.

Современные решения

В последние десятилетия конструкции паровых турбин претерпели изменения, направленные на повышение их экономичности, надежности и адаптивности к различным режимам эксплуатации. Современные турбоагрегаты проектируются с учетом новых требований к энергоэффективности, ресурсоемкости и снижению выбросов, что особенно важно для предприятий, стремящихся к сокращению операционных издержек.

Ключевые факторы, повлиявшие на рост эффективности турбин, включают:

- ✓ совершенствование проточной части – снижение удельного расхода пара на 4-9 %. За счет использования более точных аэродинамических расчетов и 3D-моделирования удается минимизировать потери давления и повысить коэффициент полезного действия. Применение современных профилей лопаток и более технологичных материалов уменьшает механические и тепловые деформации, увеличивая срок службы оборудования;

- ✓ использование высокопрочных и жаростойких сплавов – снижение удельного расхода пара на 2-6 %. Позволяет повысить рабочие температуры и давление в установке, что напрямую увеличивает тепловой КПД. При этом существенно возрастает межремонтный ресурс оборудования;

- ✓ применение систем автоматизированного управления и диагностики – снижение удельного расхода пара на 1,5-4 %. Интеллектуальные системы управления турбоагрега-

том позволяют поддерживать оптимальные режимы работы в реальном времени, оперативно реагировать на отклонения и предотвращать аварийные ситуации. Диагностические системы помогают проводить техническое обслуживание по фактическому состоянию, а не по регламенту, что уменьшает затраты и повышает срок службы оборудования;

✓ улучшение системы уплотнений, модернизация системы маслоснабжения и совершенствование подшипников – снижение удельного расхода пара на 1-3 %. Эти решения сокращают утечки пара, поступление воздуха в вакуумную систему турбоагрегата через концевые уплотнения и механические потери, уменьшают вибрации и обеспечивают более плавную и надежную работу агрегатов.

Благодаря перечисленным инновациям современные паротурбинные установки позволяют уменьшить удельный расход пара на 15-25 % по сравнению с устаревшими моделями, снизить эксплуатационные расходы, повысить надежность и устойчивость энергетической системы в целом. При этом адаптивность новых установок к различным тепловым и электрическим нагрузкам делает их особенно привлекательными для использования в промышленности, где графики потребления отличаются высокой изменчивостью.

Прогнозируемый экономический эффект

На основе обобщенных данных, полученных при рассмотрении СЗАО «Филтер» запросов на замену турбоагрегатов, а также статистики режимов их работы, рассмотрим типовой кейс модернизации – замену противодавленческой паровой турбины без отборов, установленной мощностью до 10 МВт, как наиболее распространенную на промышленных предприятиях. При формировании выборки учитывались не только мощностные характеристики, но и параметры пара на входе и выходе из турбины.

Анализ показал, что фактический удельный расход пара для действующих турбин составляет в среднем 8,7-9,2 кг/кВт·ч при проектном значении 8,5 кг/кВт·ч (при 100 % нагрузке). В качестве альтернативы рассматривается установка современного турбоагрегата мощностью 6 МВт, удельный расход которого составляет 7,5 кг/кВт·ч. Этот показатель подтвержден как производителем, так и результа-

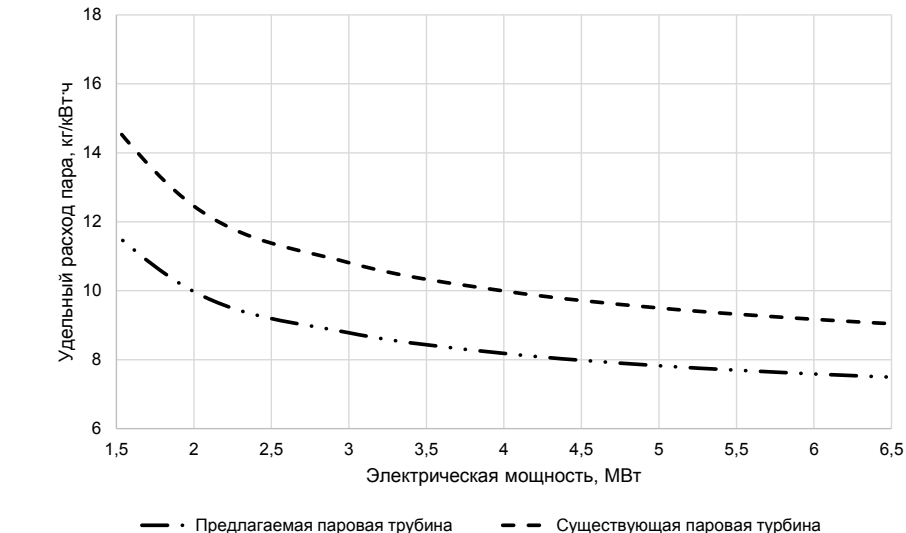


Рис. 1. График зависимости удельного расхода пара от электрической мощности

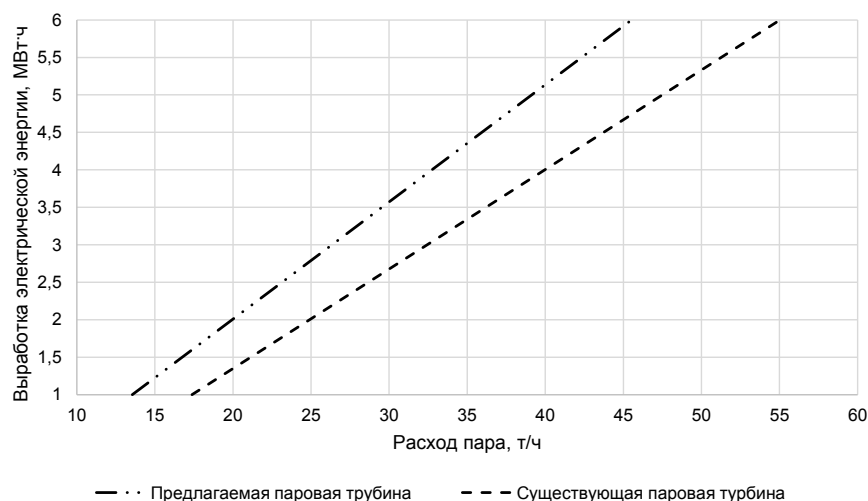


Рис. 2. График зависимости выработки электрической энергии от расхода пара

тами эксплуатации на референтных объектах.

На рис. 1, 2 представлены зависимости удельного расхода пара от электрической мощности, действующей и предлагаемой турбин, а также зависимости выработки электрической энергии от расхода пара, подаваемого на привод агрегатов.

График демонстрирует разницу в энергетической эффективности: экономия пара достигает 1,5 кг/кВт·ч в пользу нового агрегата. При этом даже паспортные параметры старой турбины уступают современному оборудованию по ключевым показателям.

Современные турбоагрегаты сохраняют стабильные удельные характеристики в более широком диапазоне нагрузок, включая частичную мощность. В то время как установки

предыдущих поколений теряют эффективность при снижении нагрузки, новые решения позволяют сохранить оптимальные значения расхода пара, что особенно важно для предприятий с переменным графиком нагрузки.

Согласно расчетной модели для турбоагрегата мощностью 6 МВт, при фиксированном расходе пара замена на новую установку приведет к приросту мощности на 1,1 МВт, что позволит достичь среднегодовой экономии 2-3 млн руб. Эта величина варьируется в зависимости от режимов эксплуатации, стоимости топлива и фактической наработки оборудования.

Основные направления экономии включают:

- сокращение расходов топлива на генерацию пара благодаря повышенному КПД;
- снижение затрат на обслужива-



Таблица 1. Сравнение удельных расходов пара*

Средняя электрическая мощность, МВт	Годовая выработка, млн кВт·ч	Удельные показатели действующего турбоагрегата, кг/кВт·ч	Удельные показатели предлагаемого турбоагрегата, кг/кВт·ч	Разница, кг/кВт·ч
5,71	40	9,19	7,58	1,61
4,29	30	9,90	8,11	1,79
2,86	20	10,85	8,81	2,04
1,43	10	14,78	11,67	3,11

Таблица 2. Оценка экономической эффективности*

Расход пара, т/ч	Средняя электрическая мощность на действующем турбоагрегате, МВт	Средняя электрическая мощность на предлагаемом турбоагрегате, МВт	Дополнительный объем выработки, млн кВт·ч	Экономия, млн руб.
45	4,67	5,92	8,75	3,50
40	4,00	5,14	7,92	3,17
35	3,34	4,35	7,10	2,84
30	2,68	3,57	6,27	2,51
25	2,01	2,79	5,44	2,18
20	1,35	2,01	4,62	1,85

*Количество часов работы турбоагрегата в году – 7 000, среднесуточный тариф электрической энергии для предприятия принимался 0,40 бел. руб./кВт·ч.

ние и ремонт устаревшего оборудования;

- повышение надежности и отказоустойчивости электроснабжения;
- возможность увеличения технологической нагрузки или роста объема электроэнергии, поставляемой в сеть.

По данным анализа аналогичных проектов, срок окупаемости замены турбоагрегатов составляет в среднем от 5 до 8 лет с учетом строительно-монтажных работ. Для энергоемкого оборудования такого класса это приемлемый и экономически обоснованный срок.

Комплексный подход СЗАО «Филтер»

Замена устаревших паровых турбин на современные энергоэффективные установки открывает значительные возможности для снижения удельного расхода пара, оптимизации эксплуатационных затрат и повышения надежности энергообеспечения промышленных предприятий.

Однако экономическая эффективность таких проектов не является универсальной величиной – она формируется под влиянием множества факторов: от графика и характера тепловой и электрической нагрузки до действующих тарифов на энергоносители, а также текущего технического состояния действующего турбоагрегата.

Именно совокупность этих параметров определяет экономику проекта, его целесообразность и сроки окупаемости. Проведение точных расчетов требует внимательного анализа условий, глубокого инженерного подхода и понимания специфики промышленных процессов.

Инженеры-энергетики СЗАО «Филтер» обладают необходимыми компетенциями и практическим опытом для выполнения таких задач. Мы готовы не только провести технический аудит и выполнить технико-экономическое обоснование замены турбоагрегата, но и обеспечить сопровождение проекта на всех этапах – от подбора оборудования и согласования проектных решений до ввода в эксплуатацию. Для выполнения таких комплексных работ мы работаем совместно с эксплуатационным персоналом наших заказчиков, производителями оборудования, проектными институтами, а также с монтажными организациями. ■

FILTER POWERING INDUSTRY

Республика Беларусь,
223053, Минская область,
Минский район, с/с Боровлянский,
пересечение Логойского тракта
и МКАД, административное здание,
каб. 502

Тел.: +375 17 357-93-63

Факс: +375 17 357-93-64

Моб.: +375 29 677-72-65

www.filter.by

e-mail: alexei.matsiavin@filter.by

УНП 690600663