

ОПТИМИЗАЦИЯ

Практический опыт проведения целевого энергетического обследования процессов производства, транспортировки и распределения сжатого воздуха в производственном цикле предприятия



Текст: Юрий Шаталов

В период с ноября 2015 по май 2016 года «ОстекСМТ» провел целевое энергетического обследования (ЦЭО) пневмосистемы крупного перерабатывающего комбината в Сибири. Аудит охватил весь цикл оборота сжатого воздуха: выработку на общезаводских и локальных компрессорных станциях, транспортировку заводским потребителям по пневмосетям и распределение сжатого воздуха в производственном цикле предприятия.

Централизованная система воздухообеспечения была разработана и введена в эксплуатацию более 40 лет назад. За этот период предприятие активно развивалось, вводились дополнительные мощности, на смену старым пришли новые современные технологические линии, проводились реконструкция и техническое перевооружение используемого технологического оборудования. Изменились объем и характер потребления сжатого воздуха на нужды технологических процессов.

Сегодня на предприятии используется современное оборудование ведущих мировых производителей, регулирование техпроцессов осуществляется пневмоприводами с программируемыми микроконтроллерами, возросли требования к качеству выпускаемой продукции. Однако «оборотной стороной медали» при использовании современных технологий и оборудования стало несоответствие вспомогательных инженерных систем новым заводским реалиям, что в полной мере относится к воздухообеспечению как в части бесперебойности подачи агента, так и его качественных параметров.

Сложности существующей системы воздухообеспечения заключаются в выработке сжатого воздуха несколькими общезаводскими компрессорными станциями одновременно на общую сеть, в разветвленной системе воздухопроводов, их резервировании и дублировании, в наличии перемычек между трубопроводами сжатого воздуха с различными требованиями к классу чистоты.

Для части потребителей характерна неравномерная нагрузка, что приводит к ежедневным просадкам давления в общезаводской пневмосети и необходимости выводить из резерва дополнительные компрессорные мощности.

Неравномерное распределение воздуха в пневмосети, изношенность компрессорного оборудования и трубопроводной системы, неудовлетворительное состояние систем осушки требуют от служб, эксплуатирующих сети, значительных усилий по поддержанию оборудования в работоспособном состоянии. У руководства комбината есть понимание, что существующая схема пневмоснабжения исчерпала себя и не удовлетворяет сегодняшним потребностям предприятия в части качества и бесперебойности снабжения технологического производства сжатым воздухом. Именно поэтому возникла необходимость в целевом комплексном обследовании системы воздухообеспечения: проведении инженерной оценки фактического состояния пневмосети, разработке и обосновании технического решения, которые позволят после проведения модернизации снять существующие проблемы и обеспечить в перспективе бесперебойное функционирование пневмосетевого комплекса.

Чтобы провести такое всеобъемлющее инженерное обследование, включая компьютерный анализ данных измерений и моделирование потокораспределения в трубопроводах, требуется целый комплекс специального измерительного оборудования и программного обеспечения. Поэтому заказчик посчитал экономически целесообразным не вкладывать средства в прецизионные приборы, не отвлекать персонал от основной работы, а обратиться к профессиональным энергоаудиторам.

Цель, которую заказчик поставил перед сотрудниками отдела энергоконсалтинга Остек-СМТ, – выявить возможности повышения эффективности и снижения потерь на всех этапах выработки, транспортировки и потребления сжатого воздуха на основе комплексного технико-экономического анализа работы системы в целом, ее отдельных элементов, частей и оборудования. По результатам проведенного обследования была разработана стратегия модернизации пневмосистемы заказчика.

Централизованная пневмосистема предприятия состоит из двух компрессорных станций, работающих на единую общезаводскую пневмосеть. В состав компрессорной станции № 1 входят шесть, а в состав станции № 2 – четыре турбокомпрессора К-250-61-5. Суммарная номинальная производительность сжатого воздуха по двум КС составляет 2500 нм³/мин., годовой объем выработки – свыше 620 млн нм³. Также на предприятии есть децентрализованная пневмосистема, которая включает 10 локальных компрессорных станций, их суммарная производительность – 290 нм³/мин с годовым объемом выработки порядка 80 млн нм³.

Пневмосеть включает два параллельно работающих магистральных воздухопровода технологического воздуха и один магистральный трубопровод воздуха КИПиА. Общая протяженность пневмосетей – свыше 10 км. Воздухопроводы имеют диаметры от Ду600 до Ду50, проложены надземно на металлических опорах. На площадке расположены 35 производственных цехов, являющихся потребителями сжатого воздуха с различной воздушной нагрузкой: от 116 до 12 000 нм³/час.

На первом этапе ЦЭО были выполнены работы по сбору и анализу существующей технической документации (паспортов на технологическое оборудование, режимных карт, оперативной документации), проведен анализ предоставленных балансов выработки-потребления сжатого воздуха. Предприятие хорошо оснащено приборами учета используемых энергоресурсов, что явилось существенным подспорьем на этапе инструментальных измерений.

В ходе визуального обследования специалисты отдела энергоконсалтинга осмотрели всю пневмосеть, проверили предоставленную заказчиком документацию и технологические схемы, ознакомились с установленным воздухопотребляющим оборудованием «по месту». Одновременно фиксировались места повреждения изоляции на трубопроводах, проводилась тепловизионная съемка поврежденных участков.

По результатам визуального обследования была составлена и согласована программа проведения инструментальных измерений, которая включала замеры



1

Проведение инструментальных измерений расходов сжатого воздуха на компрессорной станции и пневмосети сотрудниками ООО «Остек-СМТ»

расходов воздуха от компрессорных станций до вводов потребителей, давлений и температур по всему пневмотракту. Отдельно проводились замеры влажности и точки росы в трубопроводах КИПиА, по которым подается воздух на пневмоприводы и пневмоклапаны, осуществляющие управление технологическим процессом, и к которым предъявляются повышенные требования по качеству подаваемого агента. Программа также включала ряд замеров потребления электрической энергии отдельными компрессорными агрегатами, где корректность показаний заводских электросчетчиков вызывала сомнение. Инструментальное обследование в таком объеме, охватившее весь пневмосетевой комплекс предприятия, было проведено впервые (рис. 1).

При проведении натурных исследований процессов транспортировки и потребления сжатого воздуха в воздушном тракте применялись высокоточные расходомеры VA 400 standard и VA 400 speed в комплекте с мобильным регистратором данных DS400 Mobile. Это оборудование характеризуется высокой надежностью и точностью, что позволило определить фактическое потокораспределение сжатого воздуха в пневмосистеме и составить фактический баланс выработки-потребления сжатого воздуха на предприятии.

Также принципиально важные результаты были получены при определении фактических параметров влажности и точки росы вырабатываемого на компрессорных и поступающего на вводы потребителей сжатого воздуха. Подобные замеры проводились впервые за более чем 40 лет работы пневмосистемы предприятия.

Высокая влажность в подаваемом воздухе является одной из главных проблем потребителей воздуха КИПиА. Для определения содержания влаги использовался Гигрометр Ива-10М, который даже при отрицательных температурах наружного воздуха работал безотказно и позволял корректно проводить измерения.

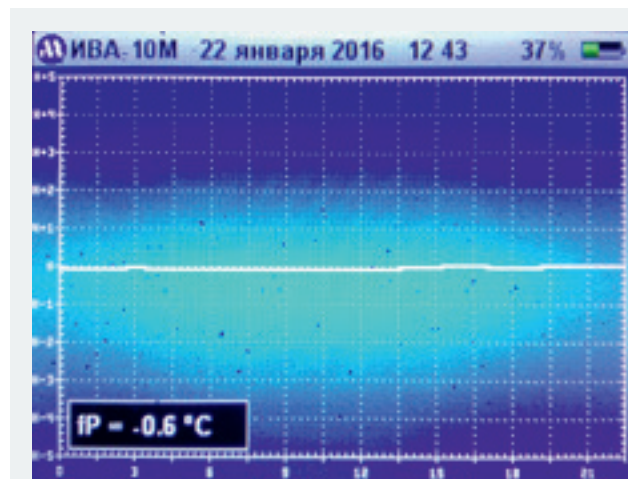
Результатом замеров стала оценка эффективности принятой на предприятии системы осушки сжатого воздуха на стороне потребителей.

В компрессорных системах водяного охлаждения для определения расходов охлаждающей жидкости специалисты использовали расходомер-счетчик ультразвуковой Взлет ПРЦ в комплекте с толщиномером Взлет УТ-М. Поверхностные измерения температуры выполнялись термометром контактным ТК 5.06, а в труднодоступных и ограниченных местах – с помощью инфракрасного термометра Fluke 62max.

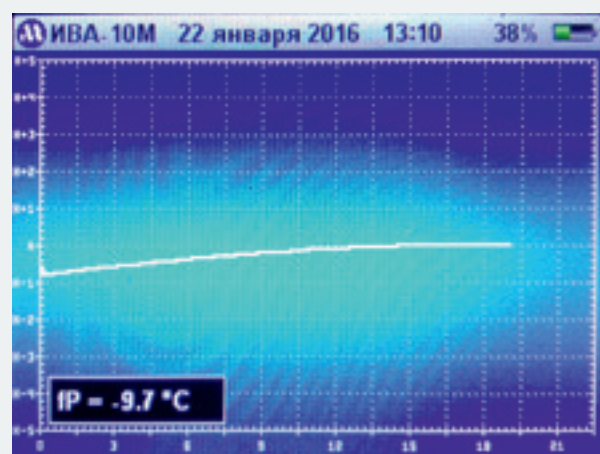
В дальнейших выводах, а также при разработке мероприятий по повышению энергоэффективности, специалисты основывались на фактических данных, полученных при проведении инструментального обследования.

Большие объемы проводимых измерений потребовали от заказчика серьезной работы по подготовке точек замеров. Для определения фактических объемов выработки, транспортировки и потребления сжатого воздуха были сделаны врезки в действующие воздухопроводы, состоящие из металлического сгона Ду15 мм с шаровым краном, привариваемые к трубопроводу, и далее осуществлялась сверловка отверстия в трубопроводе. При подготовке точек измерения расходов было использовано специальное сверлильное оборудование, позволяющее выполнять работы под давлением.

Слаженная совместная работа инженеров-аудиторов и технических служб предприятия, а также строгое выполнение требований техники безопасности позволили выполнить инструментальные обследования с высоким качеством и в установленные сроки. Результатом инструментального этапа обследования стало определение фактической выработки сжатого воздуха, фактического потребления сжатого воздуха потребителями, фактических потерь сжатого воздуха в системах осушки, дренирования и опорожнения.



Измерения точки росы сжатого воздуха на вводе у потребителя



Измерения точки росы сжатого воздуха у потребителя после локальной системы фильтрации

2

Графики замеров точки росы локального осушителя «до» и «после»

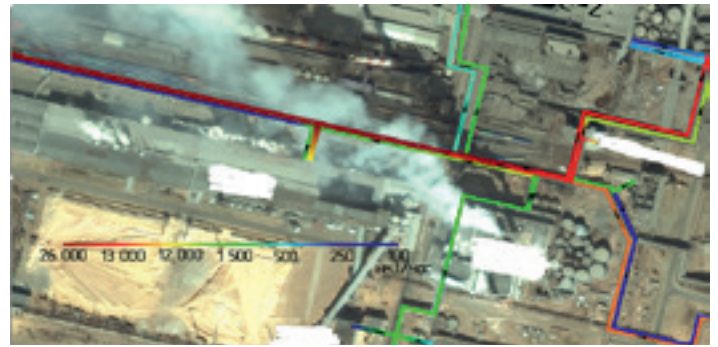
При проведении инструментального обследования особое внимание уделялось качественным параметрам сжатого воздуха. В технологическом процессе предприятия в качестве исполнительных механизмов регулирующей арматуры используются пневматические приводы и клапаны, безаварийная работа которых обуславливается жесткими требованиями к влагосодержанию используемого воздуха. Осушка воздуха КИПиА на комбинате осуществляется непосредственно на вводах потребителей и вызывает большое количество нареканий со стороны технологического персонала. Для качественной оценки существующей осушки потребовалось проведение большого количества инструментальных замеров влажности и точки росы сжатого воздуха. Измерения начинались от источника выработки, далее на узловых точках пневмосети и у потребителей. Результаты измерений позволили дать основанную на фактических данных оценку эффективности существующих осушителей. На рис. 2 представлены графики замеров точки росы локального осушителя «до» и «после», из которых видно снижение точки росы на 9 °С, при необходимых 40 °С.

Инструментальное обследование системы водяного охлаждения компрессоров позволило определить фактические объемы охлаждающей воды и фактический теплосъем каждой ступени сжатия компрессоров. В совокупности с параллельными замерами выработки воздуха и потребления электроэнергии каждым агрегатом это дало возможность определить фактическое удельное электропотребление, дать рекомендации службе эксплуатации по техническому обслуживанию агрегатов.

В период проведения целевого аудита на предприятии шла подготовка к плановому останову для проведения технического обслуживания и планово-предупредительного ремонта. По согласованию с руководством цеха инженерных коммуникаций были подготовлены перечни дефектов, обнаруженных в ходе аудита, для включения в ремонтные ведомости. По факту в останов удалось частично восстановить изоляцию трубопроводов, смонтировать регулятор «до себя» на вводе наиболее критичного потребителя, «рванный» характер потребления которого приводил к глубоким просадкам давления во всей пневмосети. Также был ликвидирован выявленный в ходе замеров порыв на подземном участке трубопровода отглушенного потребителя, потери на котором составляли 6,5 тыс. м³/час.

Замена запавшей задвижки на данном участке позволила предприятию окупить затраты на проведенный аудит в течение трех месяцев!

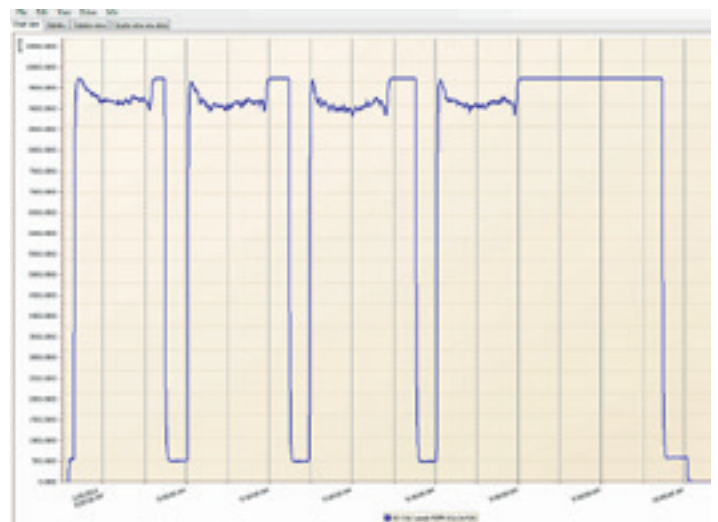
На рис. 3 представлен фрагмент схемы расходов сжатого воздуха в магистральных трубопроводах на производственной площадке предприятия.



3 Схема расходов сжатого воздуха в магистральных трубопроводах на производственной площадке предприятия

Используя методы компьютерного моделирования, специалисты «Остек-СМТ» выявили и визуализировали места с нулевой скоростью движения сжатого воздуха. Также были выявлены перекосы потокораспределения и разработаны мероприятия по их устранению.

На рис. 4 приведен график потребления сжатого воздуха, полученный в результате проведенных инструментальных измерений на вводе технологического воздуха у одного из потребителей. График имеет явно выраженный неоднородный характер, с резкими скачками потребления от 500 м³/ч до 9 500 м³/ч. Включение в работу потребителей с «рванным» потреблением приводит к аварийным просадкам давления во всей пневмосети. Чтобы избежать аварийных отключений технологического оборудования, на предприятии вынуждены выводить из резерва и включать в работу дополнительный компрессорный агрегат, что негативно сказывается на оборудовании и приводит к перерасходу электроэнергии.



4 График потребления сжатого воздуха, полученный в результате проведенных инструментальных измерений на вводе технологического воздуха

Результатом целевого аудита пневмосистемы предприятия стали разработка и предоставление заказчику вариантов модернизации существующей пневмосистемы, включающих:

- Мероприятия по устранению перекосов распределения сжатого воздуха, ликвидации застойных зон и «пневмокарманов» в магистральных воздухопроводах.
- Перечень потребителей, оказывающих негативное воздействие на пневмосистему, и мероприятия по локализации воздухооборудования этих производств, изменению схем запитки потребителей и перераспределению нагрузки на пневмосеть.
- Мероприятия по повышению располагаемой мощности на источниках выработки сжатого воздуха, чтобы подключать к централизованной системе вновь вводимые мощности новых потребителей.
- Мероприятия по осушке всего объема вырабатываемого воздуха, переходу на безконденсационный режим работы пневмосети, чтобы существенно увеличить срок службы общезаводских пневмомагистралей и внутрицеховых распределительных воздухопроводов.
- Мероприятия по абсорбционной осушке и повышению качества сжатого воздуха КИПиА до требуемого четвертого класса по влажности, рекомендации по изменению схемы работы магистрального воздухопровода воздуха КИПиА.
- Мероприятия по оснащению компрессорных и всех потребителей приборами учета, которые позволяют определять и детально контролировать энергетический баланс системы выработки и потребления сжатого воздуха.

Итогом целевого аудита стало техническое совещание с участием руководства предприятия, технологов производств и эксплуатирующей службы, на котором заказчиком был принят к выполнению один из представленных вариантов модернизации пневмосистемы. В соответствии с утвержденным вариантом специалистами ООО «Остек-СМТ» разработано Техническое задание на комплексную модернизацию общезаводской пневмосети.

Комплексное обследование позволило предприятию получить исчерпывающую информацию о состоянии всей пневматической системы и ее отдельных элементов. При этом все выводы были основаны на фактических параметрах работы сети, полученных в результате инструментального обследования. Замеры расходов воздуха на каждом компрессорном агрегате дали реальную картину состояния оборудования, помогли определить фактическое удельное потребление электроэнергии на выработку воздуха. Замеры влажности и точки росы дали возможность обосновать необходимость монтажа систем осушки на компрессорных станциях. Визуализация движения сжатого воздуха в магистральных трубопроводах позволила выявить участки с ну-

левой скоростью движения, перекосы в распределении сжатого воздуха и предложить изменения в схеме магистральных трубопроводов. Все это дало возможность четко обосновать предлагаемые технические решения и мероприятия по модернизации пневмосистемы предприятия.

Во время аудита были направлены запросы нескольким отечественным, а также иностранным производителям компрессорного и осушительного оборудования, чтобы заказчик мог выбрать оптимальное по техническим показателям и финансовым затратам оборудование и обеспечить приемлемый срок окупаемости будущей модернизации.

Заказчик высоко оценил проведенный специалистами отдела энергоконсалтинга целевой аудит пневмосистемы предприятия, с отзывами можно ознакомиться на сайте www.ostec-energy.ru в разделе Проекты.

Следующим проектом, который отдел энергоконсалтинга планирует реализовать совместно с заказчиком, станет масштабное обследование сетей водоснабжения и канализации в комплексе с системами производственного водопотребления. Сети водоснабжения/водоотведения насчитывают несколько сот километров, характеризуются большим количеством видов вод и стоков, наличием насосных станций и систем химводоподготовки. В объеме работ запланировано внедрение на водосетях геоинформационной системы Zulu, что вполне оправдано, учитывая протяженность и сложность сетей водоснабжения предприятия. Внедрение ГИС позволит не только качественно улучшить эксплуатацию и оперативное управление инженерными сетями, но и, используя функционал моделирования режимов, эффективно планировать текущие и капитальные ремонты, а также, опираясь на результаты расчетов, провести технически и экономически оправданную оптимизацию сетевого комплекса.

Обследуемое предприятие, являясь флагманом мирового уровня в своей отрасли, в последние годы реализовало несколько масштабных инвестиционных проектов, ввело в строй новые и модернизировало существующие производственные мощности. Не осталась в стороне и инженерная инфраструктура, которая постоянно обновляется, становится современной, высоконадежной и энергоэффективной. Эксплуатационный и управленческий персонал постоянно совершенствуется, участвуя в корпоративных программах повышения квалификации, осваивая самые современные образцы отраслевого оборудования, применяя на практике передовые технологии и инженерные решения. Работать с такими высококомпетентными специалистами иногда трудно, но всегда интересно. Особенно приятно, что по результатам проведенного целевого аудита ООО «Остек-СМТ» получило приглашение на участие в конкурсе на реализацию значительной части разработанных нами технических решений. □