

УДК.621.3

ПИРОГОВ А. Д., главный инженер

Насосное производство ПАО «Сумское НПО им. М. В. Фрунзе», г. Сумы

e-mail: pirogov_a@frunze.com.ua

ВОЗМОЖНОСТИ САМОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АУДИТА ИНТЕГРИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА КРУПНОМ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Рассмотрены вопросы необходимости проведения анализа энергозатратности технологических процессов применяемых при изготовлении широкой номенклатуры сложных крупных изделий. Представлены примеры повышения энергоэффективности.

Розглянуто питання необхідності проведення аналізу енергозбереження технологічних процесів що використовуються при виготовленні широкої номенклатури складних крупних виробів. Представлені приклади підвищення енергоефективності.

Введение

На данном этапе развития машиностроительного комплекса энергозатратность (ЭЗ) применяемых технологических процессов (ТП) во многом определяет экономическое состояние предприятий поскольку непосредственно влияет на стоимость выпускаемой продукции и определяет ее рыночную конкурентоспособность.

Для крупных многономенклатурных мелкосерийных предприятий с собственной громоздкой структурой энергохозяйства решение этих проблем имеет решающее значение.

Среди многих направлений, самоэнергоаудит и энергоменеджмент остаются малоизученными в сегменте наиболее энергоемких операций по всему технологическому маршруту изготовления: от получения заготовок до сервисного обслуживания машин у заказчиков. При мелкосерийном производстве данный вопрос, как правило, находится на стыке компетенции нескольких служб: технологических, энергетических, экономических и др. В большинстве случаев повышенная ЭЗ закладывается еще на стадии разработки конструкторской документации и проработки ее на технологичность, т.к. применяются основные показатели: трудоемкость и материалоемкость. Затраты на энергоресурсы (ЭР) входят в общецеховые и общезаводские расходы. Например, при изготовлении 2-х различных деталей с одинаковой трудоемкостью на уникальном обрабатывающем центре (ОЦ) мод. 50DVS (суммарная мощность с коэффициентом использования $N^1 = 110$ кВт) и токарном станке с ЧПУ мод. 16K20Ф3 ($N^2 = 25$ кВт) будут рассчитаны примерно равные затраты для себестоимости (без стоимости материала).

Предприятие изготавливает оборудование периодически малыми сериями, поэтому нет жесткой специализации по ТП (в нескольких цехах могут изготавливаться типовые детали на различном оборудовании) и рабочих местах. Это усложняет внедрение энергосберегающих технологий, не всегда позволяет проводить всесторонний анализ и заимствовать передовые интегрированные решения.

Цель работы: определить возможности постоянного анализа и учета удельных ЭЗ на определяющих технологических операциях изготовления уникальных изделий.

Основная часть

Краткая характеристика большого за уровнем потребления ЭР предприятия: собственные артезианские скважины питьевой воды; участки производства кислорода, азота, углекислоты, аргона, сжатого воздуха; центральная котельная (обслуживает также город); системы отбора и подачи технической воды; станции очистки ливневых стоков; сбора и передачи хозяйственных стоков в общегородские системы; распределительные трансформаторные подстанции; газопроводы; железнодорожная служба и др. Высокая средняя потребляемая электрическая мощность оборудования и расход газа. Применяемая схема: установление счетчиков учета потребления ЭР и управление плановыми лимитными заданиями по каждому цеху с последующим отчетом (в обоснованных случаях -

корректировка). Очевидно, что такой инструментарий для расчетчиков – ограничен, т. к. нет привязки к конкретной номенклатуре изготавливаемой продукции в контролируемый период.

Контроль за экономией ЭР возложен на местах их использования (рис. 1). В отличие от массовых и серийных производств, при мелкосерийном выпуске крупных изделий широкой номенклатуры, ЭЗ на каждую операцию не определяются. Не ставились раньше также вопросы экономии ЭР у заказчиков от внедрения новых или модернизированных разработок. Это направление требует дополнительных исследований для поиска управления взаимосвязями: цены, качественного уровня и затрат [1].

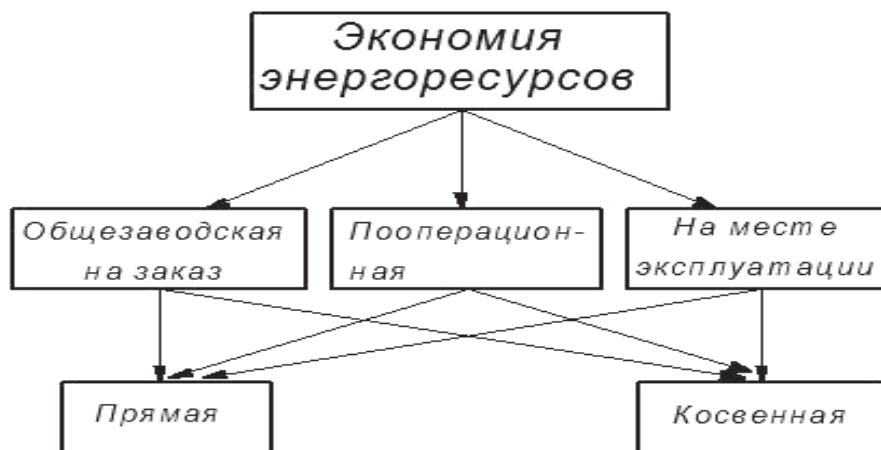


Рис.1. Схема мест возникновения экономии энергозатрат

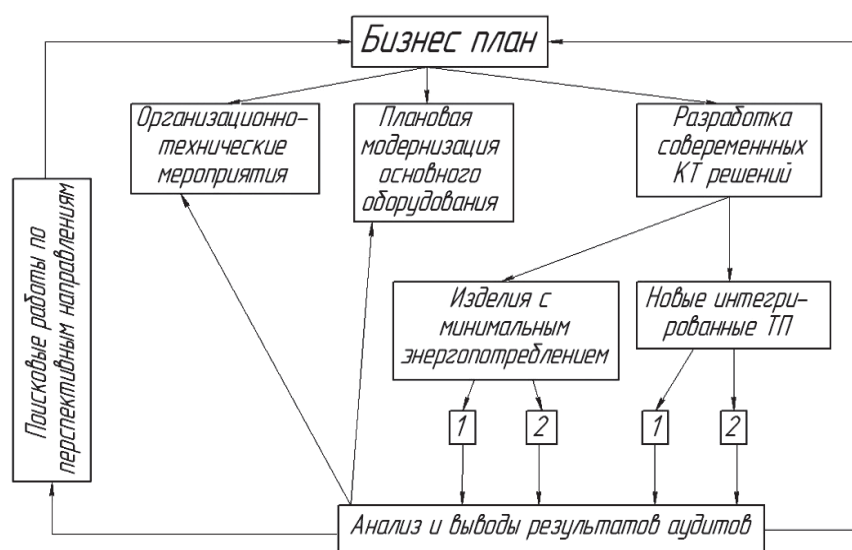


Рис. 2. Схема взаимосвязей плановых работ по новой технике и направлениям самоэнергоаудита

В большинстве случаев возможна экономия прямая и косвенная. Например, уменьшение припуска под последующую механическую обработку сокращает потребление электроэнергии и приносит экономию материала (не потребуются ЭЗ), а при уменьшении расхода древесины на тару сокращается потребление теплоносителей на ее сушку и т. д.

Существующие на предприятии направления экономии ЭР можно представить в виде схемы (рис. 2), где 1 и 2 – экономия у изготовителя и заказчика.

Работоспособность данной схемы относительно экономии ЭР обеспечивается четкой системой самоэнергоаудитов, слаженным функционированием службы энергоменеджмента, мотивированной исполнительской дисциплиной и планомерным повышением научно-

технического уровня. Современное состояние автоматизированного проектирования ТП изготовления деталей и общей системы SAPP предприятия сейчас позволяет определять необходимую мощность N , расход других энергоносителей и время их использования – $t_{\text{маш.}}$ для каждой операции с дальнейшим сбором данных применительно к детали и производственному заказу. Анализ рассмотрения фактических ЭЗ позволяет провести анализ наличия резервов, правильности нормирования операций, обоснованности плановых лимитов, определение дополнительных мест установки счетчиков и др.

В каждой группе выделяются мероприятия с высокой эффективностью только на определенный период пика в их полном жизненном цикле (ПЖЦ). Непрерывность такого процесса гарантирует эффективность всей системы развития. Наиболее приемлемым по срокам внедрения является отбор и совершенствование интегрированных технологий: внутренних (между производствами крупного предприятия) и внешних из перспективного массива. Малая ЭЗ таких технологий – один из главных критериев отбора. Важность других критериев зависит от факторов: объем и сроки выпуска, приемлемость к другой номенклатуре, уровень собственного научно-технического и кадрового потенциала, требования к оновлению организационных структур, референтность и др.

У разработчиков могут быть различные подходы к изготовлению подобных изделий, отдельных деталей, выбора материалов. Показательный пример: при отлаженной системе приоритетов изготовление на производствах ПАТ «СМНПО им. Фрунзе» новых и модернизированных насосов, компрессоров, химического оборудования и различных сложных уникальных машин проходит в 2–3 раза быстрее, чем на чисто специализированных предприятиях. Всего за 4 месяца было освоено изготовление тяжелонагруженных точных труб с бандажами для спецтехники, которую производят в мире только 5 стран. Здесь решающее значение оказывают интегрированные технологии [2].

Приводим некоторые примеры с технологий изготовления наиболее энергоемких изделий: крупных роторных машин и ответственных длинномерных деталей (ДД).

1-я группа мероприятий:

1.1. Контроль, учет и режим экономии.

1.2. Мотивация.

1.3. Уменьшение брака.

1.4. Сокращение протяженности систем подачи энергоносителей.

1.5. Замена ламп освещения на энергосберегающие.

1.6. Замена централизованного отопления на регулируемое местное, подогрев воды отводящим теплом. Для локальных задач находят применение: малогабаритные парогенераторы, электрические обогревательные системы трубопроводов, емкостей нагревательными кабелями, переносные инфракрасные нагреватели УФО (рис. 3).

1.7. Управление нагрузками, использование теристорных приводов (особенно эффективно для насосных и компрессорных станций).

1.8. Использование горючих отходов в мини установках для отопления и сушки древесины в модельном и тарном цехах и т. п.

1.9. Замена ручных пневматических шлифовальных машинок (их на предприятии около 10 тыс шт. с потреблением воздуха 2-6 м³/ч) на высокоэффективные электрические с частотными преобразователями. Во многих случаях более эффективны: зачистка отливок, сварных швов и др. высоконапорной абразивно-водяной струей; применение безвоздушных краско-распылительных установок; выбор наиболее экономных вариантов формы каналов дробеструйных сопел (расход воздуха уменьшается с 8 м³/ч до 3,5 м³/ч).

1.10. Сбор, очистка и возврат в систему сточных вод, включая дождевые.

1.11. В зимний период периодическая проверка с помощью тепловизора эффективности применяемых решений по сбережению тепла в производственных зданиях.

1.12. Логистика загрузки транспортных средств. Например установка счетчиков моточасов на мостовых кранах (на предприятии более 250 ед.) выявила коэффициент загрузки 0,05 - 0,48 при 20 – 36% неоптимальных перемещениях.

II-я группа. Проведение плановых модернизаций совмещенных с ремонтами основного оборудования.

2.1. Модернизация шахтных закалочных электропечей (глубина 10 м.) для оптимального использования мощности при нагреве длинномерных деталей (ДД) различной длины по садкам (рис. 4) [3].



Рис. 3. Использование ламп УФО (UFO Line) для местного нагрева измерительной системы испытательной станции.

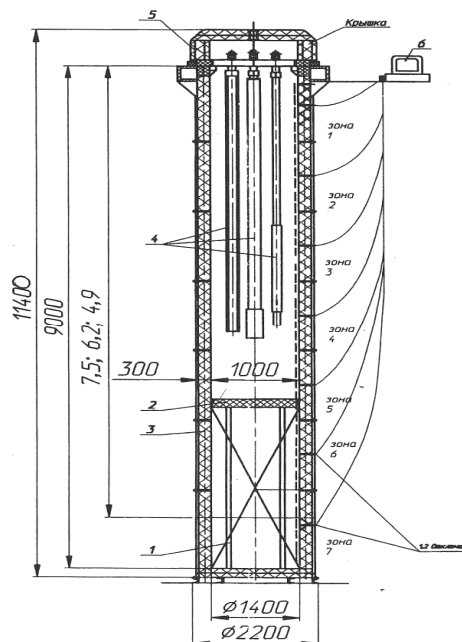


Рис. 4. Оснащение шахтной термической электропечи регулируемым устройством изменения рабочего объема

ДД без центрального отверстия: валы, шпильки тяги и пустотелые: цилиндры, специальные толстостенные трубы занимают отдельное место в технологии производства, которая характеризуется набором уникального оборудования по длине и высокой энергоемкостью операций (расход всех видов ЭР на 1 нормочас в 4,3 выше чем средний по производству).

2.2. Съемная установка ускоренного охлаждения при закалке толстостенных тяжело нагруженных труб и деталей типа «вал» с минимальным использованием объема охлаждающей среды (рис. 5). Полностью исключается дорогостоящая операция правки ДД и сопутствующие операции термообработки: отпуск и полная закалка [4]. Отсутствуют случаи брака при увеличенных показателях механических свойств. На рис.6 представлены статистические данные частоты распределения показателей относительного сужения ψ при разных способах получения заготовки и термообработки для ответственных ДД. По предложенному варианту (3) термообработки после РКМ механические свойства значительно выше, чем при свободной ковке (1) и центробежном литье (2) с использованием старых способов закалки.

Замена футеровки термических печей на современные теплоизоляционные материалы (подтверждена экономия газа до 30 %).

2.3. Реконструкция газонагревательных систем с новой конструкцией горелок объемных камерных печей для деталей массой 100 т.

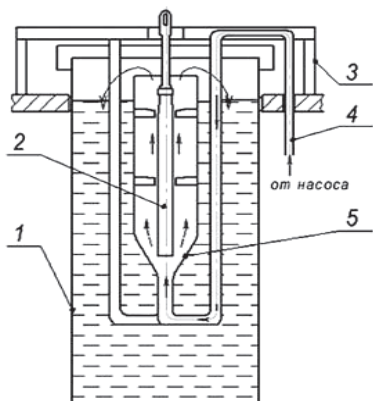


Рис. 5. Быстросъемная установка для охлаждения ДД при закалке

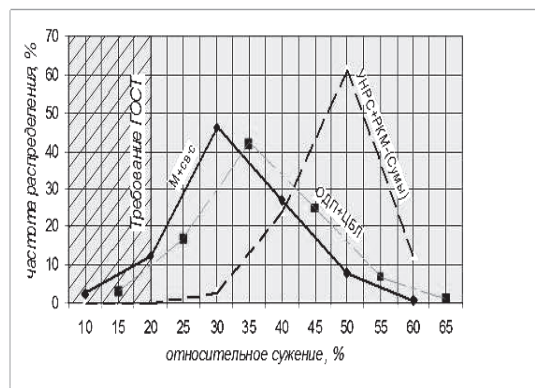


Рис. 6. Сравнение показателей ψ по 3-м вариантам

2.4. Перевод универсальных шлифовальных станков на алмазную электроэрозионную обработку деталей из твердых неметаллических материалов: карбид кремния, карбид бора, силицированный графит и др. [5].

Внедрение новых и интегрированных ТП, направленных на снижение ЭЗ

III-я группа:

3.1. Точная заготовка с минимальными допусками под дальнейшую обработку.

3.1.1. Кольцераскатная машина.

3.1.2. Малоотходная резка листовых заготовок на лазерных, водо-абразивных и др. программных комплексах.

3.1.3. Порезка заготовок на ленточно-отрезных пилах. Кроме экономии электроэнергии снижается расход металла, особенно показательно для дорогостоящих марок титановых, никелевых сплавов.

3.1.4. Ротационно-ковочные машины (РКМ).

3.2. Замена энергоемких процессов.

3.2.1. Применение вибраторов вместо термообработки в объемных печах для снятия напряжений в сварных металлоконструкциях.

3.2.2. Переносные установки для местной термообработки сварных швов в основном крупногабаритной емкостной аппаратуры (рис. 7).

3.2.3. Использование быстросъемных высокооборотных головок для обработки мелких отверстий, шпоночных пазов и др. на тяжелом металлорежущем оборудовании (МРО).

3.2.4. Применение новых схем обработки точных поверхностей с использованием возможностей современных ОЦ.

3.2.5. Использование малорасходных охлаждающих сред при механической обработке труднообрабатываемых материалов.

3.2.6. Кольцевое сверление заготовок с дальнейшим использованием сохраненной сердцевины (рис. 8), наиболее эффективно для нержавеющей сталей.

3.2.7. Электрогидроимпульсная правка поясков под сварку обечаек, переходников трубопроводов и др. вместо: механической роликами или пуансонами с подогревом.

3.2.8. Анодно-струйное многослойное хромовое покрытие с формированием оптимальных свойств, особенно эффективно для износостойких покрытий внутренних каналов цилиндров, плунжеров, труб специальной техники.

3.2.9. Алмазное хонингование глубоких отверстий с дозированной правкой брусков.

Отличительными особенностями операций абразивного хонингования пустотелых ДД является высокая трудоемкость, зависимость качества обрабатываемой поверхности от физико-механических свойств материала, оптимального выбора режимов, обеспечение стойкости брусков в режиме самозатачивания. Для существенного снижения трудозатрат (следовательно и ЭЗ) по результатам исследования данной проблемы было предложено внедрить усовершенствованную интегрированную технологию алмазного хонингования.

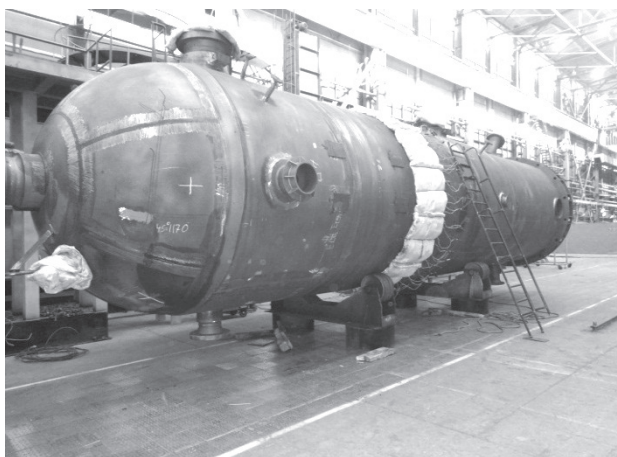


Рис. 7. Местная термообработка замыкающего шва адсорбера: 80 т, длинна 8 м и толщина стенки 100 мм

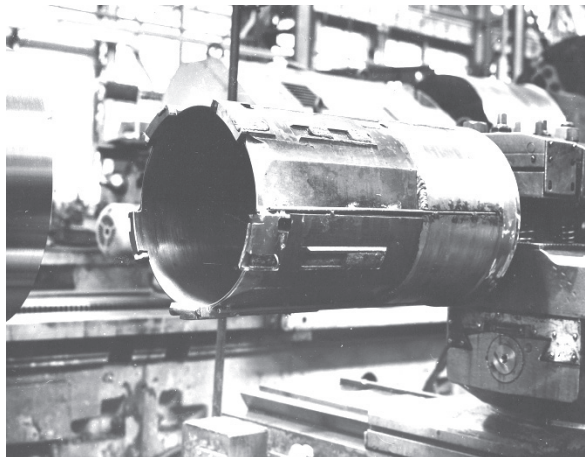


Рис. 8. Кольцевое сверло для сохранения сердцевины при обработке деталей из дорогостоящих марок сталей

Здесь сдерживающим фактором считается нестабильность процесса из-за неуправляемого процесса затупления режущей поверхности брусков и известными трудностями их последующих правок, (первичной и периодической), особенно для металлических связок.

Был создан комбинированный метод обработки, состоящий из заимствованного способа дозируемого электроэрозионного и электрохимического воздействия на алмазный режущий слой при первичной правке и совершенно нового: правки лазерным лучом непосредственно на станке (рис. 9) по сигналу диагностического устройства, работающего по принципу использования установленной зависимости увеличения силы тока привода бабки вращения детали от степени затупления алмазных брусков. Трудоемкость снизилась: первичной правки у 5,3 раза при уменьшении потребляемой мощности с 30 до 10 кВт; операции алмазного хонингования на 47 % при полной мощности всех систем станка 57 кВт. Максимальная выходная мощность излучения системы лазерного маркирования СПЛМ «Mini Marker -1 - 120» - 20 Вт., общее энергопотребление 700 Вт.

3.2.10. Сборка прессовых соединений ДД методами с термовоздействием.

Для сборки соединений ДД с натягом наиболее часто применяются термические методы. Основные варианты нагрева: в газовых и электрических печах, индукторами ТВЧ и ТПЧ, газовыми коллекторами охватывающей детали или охлаждение хладоносителем охватываемой детали. По результатам исследовательских и экспериментальных работ кинетики теплового и напряженного состояния соединения разработаны рекомендации по конструированию, выбору метода, режимов с учетом снижения ЭЗ. Наиболее сложными являются прессовые полисоединения ДД с безззорным упором в бурт, где требуется дополнительное охлаждение расчетной зоны [6]. Исследования проводились с помощью математического моделирования процессов тепловой сборки и решением связанных контактных задач нестационарной теплопроводности для осесимметричных тел вращения. Экспериментальная часть выполнялась на моделях 1:4 (рис. 10) и натуральных образцах.

На (рис. 11) представлены графики зависимостей температуры от времени нагрева бандажа ($L = 810$ мм, $\varnothing 265$ мм), где А – температура $T^A = 420$ °С нагрева в электропечи перед транспортировкой в установочную позицию гидравлического пресса, В – температура $T^B = 370$ °С нагрева индукционным способом непосредственно перед началом сборки.

При этом сокращено время нагрева и передачи на $\Delta t_{\text{нагр.}} = 9100$ сек., при мощности электропечи 63 кВт. Технологическая надежность процесса увеличилась.

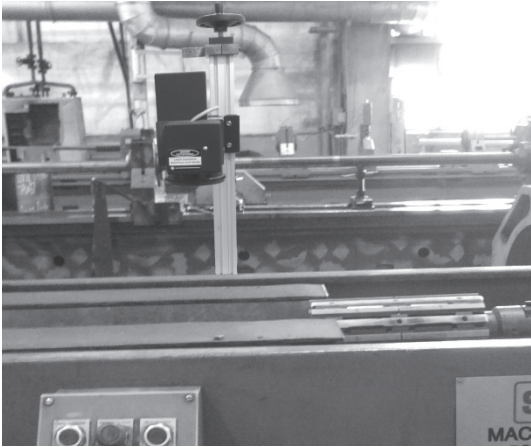


Рис. 9. Лазерная правка алмазных брусков при хонингованию ДД

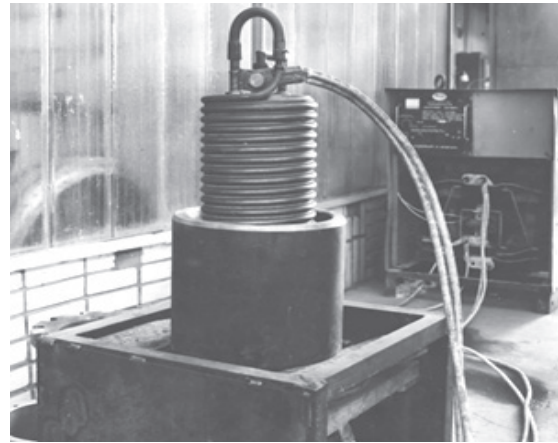


Рис. 10. Индукционный нагрев токами промышленной частоты втулок для моделирования процесса тепловой напрессовки

На (рис. 12) представлено уменьшение прижимающей силы F от начала сборки ($F = 2,5\text{МН}$) и в течении 60, 120, 180, 240 сек. Распределение температур T и осевых напряжений σ_z в поперечном сечении в эти периоды показаны на рис. 13, 14. Бандаж в остывшей сборке сжат.

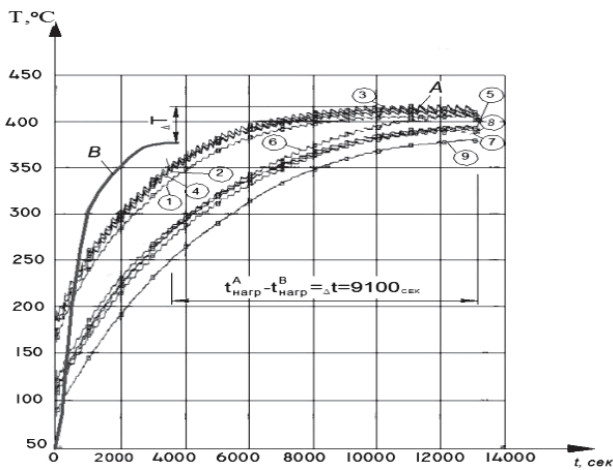


Рис. 11. Зависимость температуры охватываемой детали от времени нагрева

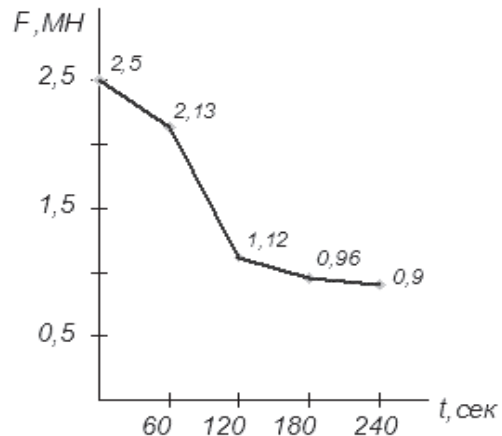


Рис. 12. Зависимость прижимающей силы F от времени t

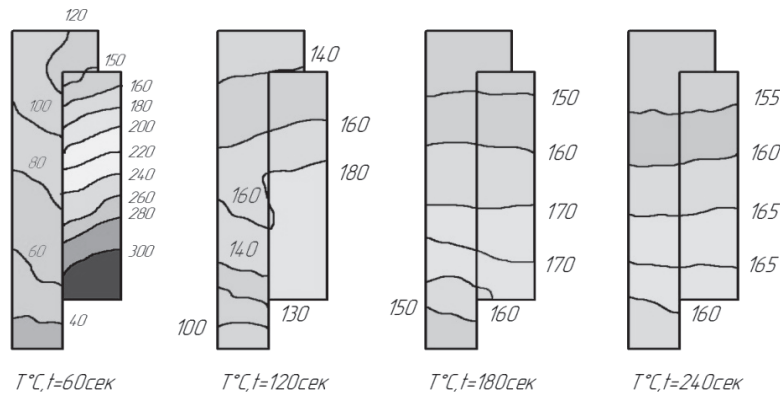


Рис. 13. Кинетика теплового состояния бандажированного прессового соединения

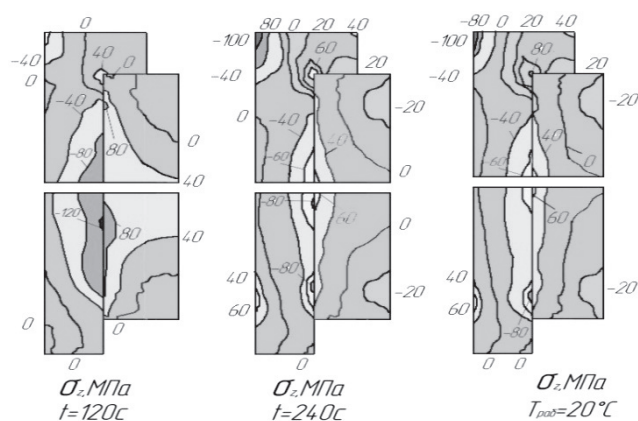


Рис.14. Распределение осевых напряжений σ_z

IV-я группа. Модернизация и разработка новых видов продукции с длительным сроком службы и минимализацией ЭЗ при увеличении эксплуатационных этапов ПЖЦ.

4.1. У Заказчика.

4.1.1. Новые проточные части с повышенным к.п.д., например: штампованные рабочие колеса насосного оборудования. Насосы и компрессоры потребляют до 30% объема всей вырабатываемой электроэнергии. Турбокомпрессоры ГПА потребляют до 8% перекачиваемого ими по трубопроводам газа.

На работу основного тепломеханического оборудования атомных станций (АЭС), изготавливаемого ПАО «Сумское НПО им. М. В. Фрунзе» и ПАО «Насосэнергомаш» расходуется до 12 % вырабатываемой блоком электроэнергии. Например, на блоке АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 (1 млн кВт) работает 4 главных циркуляционных насоса ГЦН-195М с мощностью электродвигателей ВА3 215/109 по 8 тыс. кВт. В настоящее время на действующих АЭС эксплуатируется 110 ед. насосов ГЦН-195М. Предприятием изготовлено более 2,5 тыс. шт. ГПА работающих на газовых магистралях многих стран мира. Поэтому повышение КПД таких сложных роторных машин имеет важнейшее значение и может приносить реальную экономию в десятки миллионов долларов. На предприятии постоянно ведутся работы над совершенствованием проточных частей рабочих органов на базе современных методов проектирования.

Разработано и успешно прошло испытание новое рабочее колесо [7] с улучшенными характеристиками и повышенным на 3,4 % КПД для модернизации действующих насосов ГЦН-195М. На рис. 15. представлена зависимость напора H , мощности N и КПД η от подачи Q на горячем режиме $T = 300^\circ\text{C}$, $f = 50$ Гц.

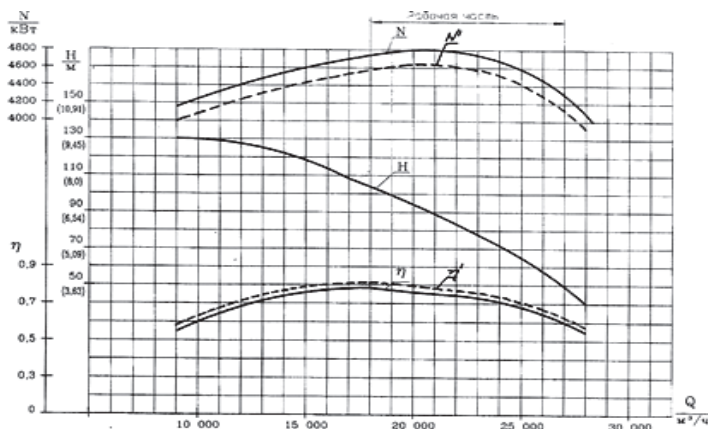


Рис. 15. Характеристики насоса ГЦН -195М серийного изготовления до и после модернизации с применением рабочего колеса повышенной экономичности.

4.1.2. Уменьшение затрат на техническое обслуживание, ремонт и запасные части.

По данным отчетов концерна «Росэнергоатом» [8] ремонтный персонал на российских АЭС составляет 30 % от общей численности и выполняет только 75 % от всего объема ремонтных работ. На одном энергоблоке ВВЭР–1000 используется 219 насосов.

4.1.3. Замена высокооборотных насосных агрегатов с гидромуфтами и маслосистемой на увеличенное количество ступеней.

4.1.4. Автомобильные газонаполнительные компрессорные станции (АГНКС), в т.ч. для собственного внутризаводского транспорта.

4.1.5. Электрогазотурбинные установки (ЭГТУ) с утилизацией тепла отработанного газа (используется также на предприятии 3 шт. для собственных нужд и дальнейшего совершенствования конструкции).

4.1.6. Перевод масляных уплотнений в центробежных компрессорах газоперекачивающих агрегатов (ГПА) компрессорных станций на торцевые сухие.

4.1.7. Введение магнитных опор-подвесов вместо традиционных подшипниковых узлов скольжения (рис. 16). С учетом п.4.1.6 теперь полностью отсутствует сложная маслосистема , повышается пожарная безопасность.

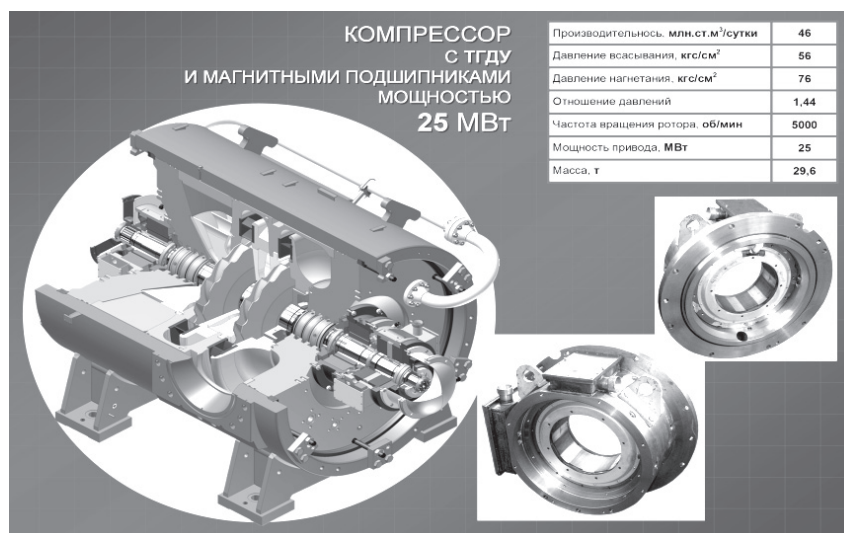


Рис. 16. Нагнетатель с магнитными подшипниками для газоперекачивающего агрегата мощностью 25 МВт

4.1.8. Применение упругих пластинчатых муфт (МУП) обеспечивает повышенную надежность, снижение эксплуатационных затрат на техобслуживание и ремонт оборудования: нет смазки и изнашиваемых элементов, мягкий пуск и безударная работа при снижении вибраций, повышается ресурс подшипников и торцевых уплотнений.

4.1.9. Совершенствование теплообменного и емкостного оборудования одной из основных специализаций предприятия.

4.1.10. Установки для утилизации попутного газа при нефтедобычи.

Высокий уровень качества при конкурентноспособной цене обеспечивается за счет совершенствования ТП изготовления насосов. Для насосов с длительным ПЖЦ необходимо обязательно учитывать возможность периодических модернизаций по мере накопления проверенных новых решений.

ПАО «СМНПО им. М. В. Фрунзе» имеет один из наиболее высоких показателей референции (по количеству и срокам эксплуатации) для широкой номенклатуры насосов и обосновывает необходимость объективного определения цены на основе анализа ЛСС с введением дополнительных критериев: модернизационная пригодность, модернизационная технологичность; серийность продукции, наличие испытательных стендов и др. Выбор

приемлемого варианта модернизации, с учетом всех возможных ограничений, предлагается определять по максимальной экономической эффективности:

$$EF_t = \sum_{t=1}^T \cdot \sum_n^N \cdot \sum_m^M [\epsilon_m \times X_{mnt} \times t - X_{mnt} \times (Zi_m + Zp_m)] \rightarrow \max$$

где: n – номер насоса, t – момент внедрения, p – модернизация которую не возможно провести в пределах выделенных сроков ремонта, M – набор модернизаций, N – набор насосов, T – рассматриваемый период, ϵ_m – годовая экономическая эффективность, X_{mnt} – максимальный план, Zi_m – расходы у изготовителя на подготовку, m – модернизация, Zp_m – расходы на АЭС.

4.2. При изготовлении.

4.2.1. Однослойные наплавки вместо многослойных поверхностей при защите от коррозионно-эрозионного износа: снижаются расходы материалов и электроэнергии для сварочных и термических работ.

4.2.2. Уменьшение объема металла сварного шва при приварке патрубков корпусных деталей.

Выводы

Крупным многономенклатурным предприятиям необходимо использовать все возможные направления энергосбережения. Предложен порядок проведения отдельных разделов общих самоэнергоаудитов, анализа ЭЗ основных технологических операций. Это позволяет вести целенаправленную разработку планов работ по внедрению новой техники и современных технологий.

Подтверждена эффективность совершенствования интегрированных технологий (внутренних и заимствованных) применительно к конкретным условиям: в сжатые сроки обеспечивать выполнение сложных ответственных заказов.

Список литературы.

1. Мамалыга В. М. Основы энергосбережения и энергоменеджмента. Киев: ППНВП «Електромеханіка». – 2010. – 175 с.
2. Пирогов А. Д. Поиск прогрессивных вариантов конструкторско-технологических решений основа для эффективного энергосбережения // Матер. междунар. конф. «Енергетична безпека Європи. Погляд у XXI століття». – К.: – 2000. – С. 202–203.
3. Пирогов А. Д. Регулирование потребляемой мощности шахтных электропечей по режимам термообработки подобранной садки длинномерных деталей // Материалы 12-го международной промышленной конференции «Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях». – К.: УИЦ «Наука. Техника. Технология». – 2012. – С. 252–253.
4. Пирогов А. Д., Залого В. А. Влияние режимов охлаждения на механические свойства и кривизну при закалке специальных длинномерных труб. // Матеріали 20-ї міжнар. науково-техн. конф. «Інформаційні технології, наука, техніка, технології, освіта, здоров'я» (Micro Cad-2012). Харків. – Х.: НТУ «ХП». – 2012. – С. 51–52.
5. Тарельник В., Марцинковский В., Пирогов А., Рыжаков С., Доценко В. Применение комбинированных методов обработки при изготовлении насосов. // Насосы & оборудование. – № 1. – 2011. – С. 38–43.
6. Пирогов А. Д. Применение имитационных моделей при расчетах тепловых напрессовок ответственных деталей. // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – 1-2014. – С.43–46.
7. Пирогов А. Д. Методи керування підвищенням якісного рівня насосів АЕС при періодичних модернізаціях в умовах обмежень // Машинознавство. – 2001. – № 6. – С. 22–26.

8. Антонов Б. В. Организация технического обслуживания и ремонта АЭС и повышение КИУМ энергоблоков АЭС. // Труды научно-техн. конф. концерна «Росэнергоатом». – М.: ВНИИАЭС. – 2000. – С. 5–42.

SCOPE OF INTERNAL ENERGY AUDIT OF INTEGRATED TECHNOLOGIES IN A LARGE MACHINE-BUILDING COMPANY

PIROGOV A. D., main engineer
Chief Engineer of Chemical Production,
Sumy Frunze NPO PJSC, Sumy

The paper discusses the issues of the need to analyze energy consumption of technological processes used in the manufacture of a wide range of sophisticated bulky products. It gives examples of successful energy efficiency measures.

1. Mamalyga, V. M. (2010), *Fundamentals of Energy Saving and Energy Management [Osnovy energosberezheniya i energomenedzhmenta]*, PPNVP "Elektromekhanika", Kyiv, 175 p.

2. Pirogov A. D. (2000), "Search of progressive options of design and technology solutions is the foundation of effective energy saving" ["Poisk progressivnykh variantov konstruktorsko-tekhnologicheskikh resheniy osnova dlya effektivnogo energosberezheniya"], *Materials of International Conference "Energy Safety of Europe. XXI Century Prospects"*, Kyiv, P. 202–203.

3. Pirogov A. D. (2012), "Adjustment of consumed power of mine electric furnaces according to the modes of heat treatment of matched loads of long pieces" ["Regulirovanie potrebyaemoy moshchnosti shakhtnykh elektropechey po rezhimam termoobrabotki podobrannoy sadki dlinnomernykh detaley"], *Materials of 12-th International Industrial Conference "Effectiveness of implementation of recourse and industrial potential in modern conditions"*, UITs "Nauka. Tekhnika. Tekhnologiya", Kyiv, P. 252–253.

4. Pirogov A. D., Zaloga V. A. (2012), "Influence of cooling modes on mechanical properties and curvature in hardening special long pipes" ["Vliyanie rezhimov okhlazhdeniya na mekhanicheskie svoystva i kriviznu pri zakalke spetsialnykh dlinnomernykh trub"], *Materials of 20-th International Scientific and Technical Conference "Information technologies, science, engineering, technologies, education, health" (Micro Cad-2012)*, NTU KhPI, Kharkiv, P. 51–52.

5. Tarelnik, V., Martsinkovsky, V., Pirogov, A., Ryzhakov, S., Dotsenko, V. (2011), "Application of combined methods of processing in manufacturing of pumps" ["Primenenie kombinirovannykh metodov obrabotki pri izgotovlenii nasosov"], *Nasosy & oborudovanie*, No. 1, P. 38–43.

6. Pirogov, A. D. (2014), "Application of imitation models in calculation of thermal pressing of key parts" ["Primenenie imitatsionnykh modeley pri raschetakh teplovykh napressovok otvetstvennykh detaley" Kompressornoe i energeticheskoe mashinostroenie], *Compressor and power engineering*, No. 1, P. 43–46.

7. Pirogov, A. D. (2001), "Methods of management of NPP pumps quality improvement level during periodical modernization in conditions of limitations" ["Metody keruvannia pidvyshchenniam yakisnogo rivnia nasosiv AES pry periodychnykh modernizatsiiakh v umovakh obmezhen" Mashinoznavstvo], *Engineering*, No. 6, P. 22–26.

8. Antonov, B. V. (2000), "Organization of maintenance and repairs of NNP and increase of KИUM of NPP units" ["Organizatsiya tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta AES i povyshenie KИUM energoblokov AES"], *Materials of Scientific and Technological Conference of the Concern "Rosenergoatom"*, VNIIAES, Moscow, P. 5–42.

Поступила в редакцию 26.02 2014 г.