

## **Создание и производство турбокомпрессоров и других агрегатов и систем двигателя с использованием информационных технологий**

д.т.н. проф. Каминский В.Н., Каминский Р.В., Гусак А.А., Сибиряков С.В.,  
Корнеев С.А., Ковальцов И.В., Сергеев А.С., Ищенко Н.В., Олисова Т.А.  
*Университет машиностроения, НПО «Турботехника»*

[turbo@kamturbo.ru](mailto:turbo@kamturbo.ru)

*Аннотация.* Представлен обзор системы информационных технологий, внедренной в НПО «Турботехника» для разработки и производства турбокомпрессоров и других агрегатов и систем двигателя.

*Ключевые слова:* информационные технологии, турбокомпрессор, информационная структура, программный продукт.

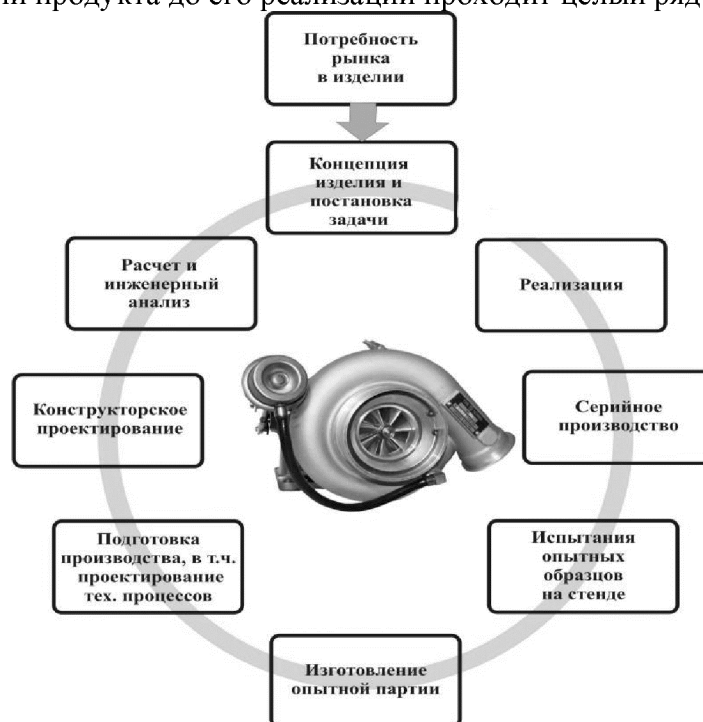
Сегодня перед отечественной промышленностью и высшей школой стоят единые цели, так как современное производство невозможно без высококвалифицированных специалистов. При этом очевидно, что молодым специалистам необходимы рабочие места, где они смогут найти применение знаниям, полученным в высшей школе.

В данной статье представлен более чем двадцатилетний опыт и результаты создания НПО «Турботехника» – специализированного научно-технического комплекса по разработке и производству турбокомпрессоров и других агрегатов и систем двигателя.

Мировой рынок диктует высокие требования к разработчикам и производителям, и высокотехнологичность производства с применением самых современных информационных технологий является необходимым условием существования конкурентоспособного предприятия.

Это в полной мере относится к разработчикам и производителям систем и агрегатов транспортных средств, если учитывать высокий уровень зарубежных производств этой отрасли вкупе с процессом глобализации рынков.

Мы на своем опыте убедились, что создание единой ИТ-среды, охватывающей полный цикл от концепции продукта до передачи готового продукта заказчику (рисунок 1), позволяет не только унифицировать и гармонизировать весь цикл бизнес-процессов, но и создать эффективную систему решения текущих вопросов, повысить производительность и ускорить темпы роста и развития предприятия. Турбокомпрессор от возникновения потребности в продукте и концепции продукта до его реализации проходит целый ряд этапов.



**Рисунок 1**

Для обеспечения прохождения этого цикла нами разработана и применяется информационная структура предприятия, представляющая собой многогранную и сложную совокупность различных систем (рисунок 2).

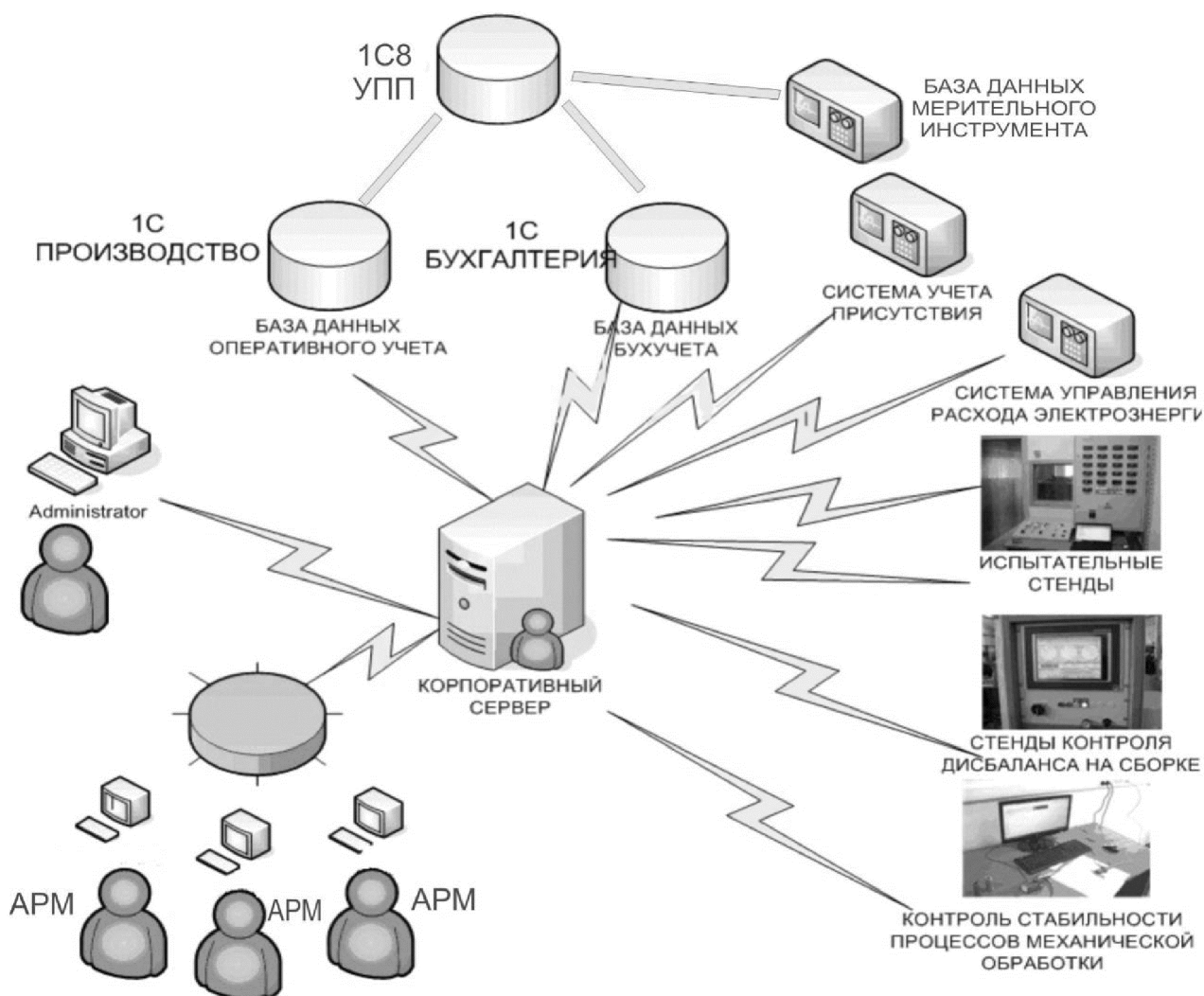


Рисунок 2

IT-технологии, внедренные на нашем предприятии, можно условно разделить на два контура:

- сеть (программный комплекс) оперативного управления на базе 1-С;
- программно-информационный комплекс по разработке и проектированию турбокомпрессоров и других агрегатов и систем двигателя.

Сеть оперативного управления включает следующие элементы (рисунок 3).

Информационный комплекс на базе стандартной конфигурации 1С Предприятие версии 7.7 используется на предприятии в течение 10 лет. Изначально было принято решение разделить оперативный и бухгалтерский учет на два модуля - 1С Производство и 1С Бухгалтерия. Почти все стандартные решения конфигурации 1С Производство были заменены на собственные. В систему 1С Производство вошли автоматизированная конструкторская и технологическая база предприятия, процессы получения заказа, планирования закупок и этапы планирования и производства продукции, складские операции, управление финансовыми потоками предприятия. Оперативный контроль за себестоимостью продукции дал возможность принимать верные управленческие решения. Например, удалось добиться снижения оборачиваемости запасов на складе при том, что основная доля поставок приходится на импорт. Эффектом внедрения IT-системы стало выполнение требований надежности и безопасности продукции.

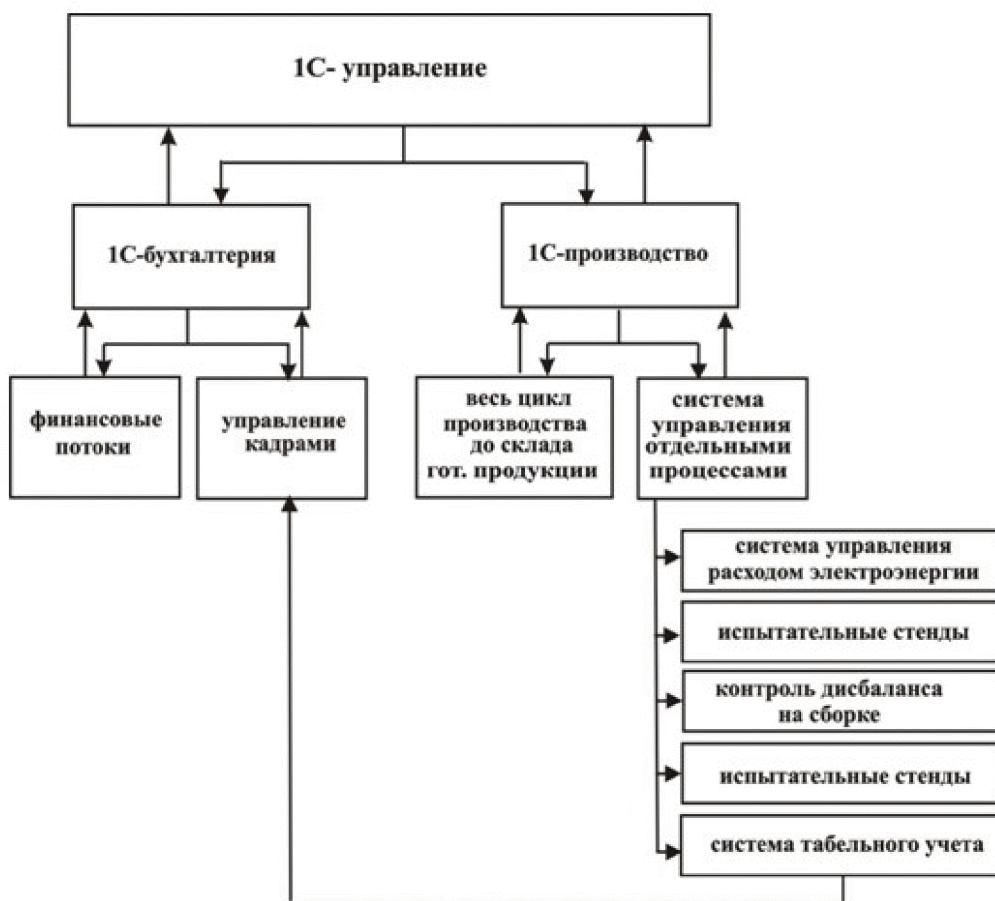


Рисунок 3

Сейчас информационная сеть предприятия включает 30 автоматизированных рабочих мест. Часть рабочих мест оснащена оборудованием автоматического сбора и показа информации — принтерами и сканерами штрих-кода. Штрих-кодирование нашло позитивный отклик у наших основных клиентов. Введение информационного табло служит целям получения оперативной информации о ходе сборки (рисунок 4). Все уровни от рабочих сборки до управляющего персонала контролируют эту информацию, принимая меры и достигая общей цели выполнения плана.



Рисунок 4

Выполнение плана сборки зависит от своевременной поставки комплектующих. Организованный на предприятии цех механической обработки гарантирует запас комплектующих при возникновении перебоев с поставками. Опытное производство обеспечивает нужды НИОКР.

За качественными показателями процессов мехобработки следят отделы метрологии и измерений и отдел технического контроля. В базе ими ведется учет средств измерения и контроля и составляются графики поверок (рисунок 5).

ГРАФИК поверки средств измерений							
Вид измерений Линейные							
Наименование	Тип	Заводской номер	Метрологические характеристики		Периодичность поверки (месяц)	Дата посл. поверки	Место проведения поверки
			Класс точности, погрешность	Предел (диапазон) измерений			
2		3		4	5	6	7
Штангенциркуль ШЦ-250		08008852	0.00		12	09.09.10	СФГУ Менд.ЦСМ
Штангенциркуль ШЦ-250		08008868	0.00		12	09.09.10	СФГУ Менд.ЦСМ
Штангенциркуль ШЦ-250		08012950	0.00		12	14.10.10	СФГУ Менд.ЦСМ
Штангенциркуль ШЦ-250		08012952	0.00		12	14.10.10	СФГУ Менд.ЦСМ
Штангенциркуль ШЦ-250		08012954	0.00		12	14.10.10	СФГУ Менд.ЦСМ
Штангенциркуль ШЦ-250		08012957	0.00		12	14.10.10	СФГУ Менд.ЦСМ
Штангенциркуль ШЦ-250		125669	0.00		12	12.05.11	СФГУ Менд.ЦСМ

Рисунок 5

По каждому случаю выбраковки детали мехобработки составляется извещение о несоответствии, анализируются и принимаются меры по искоренению причин. В обсуждении свое решение выносят следующие отделы: технологов, конструкторов, производства, закупок, ОТК. Информация заносится в систему (рисунок 6).

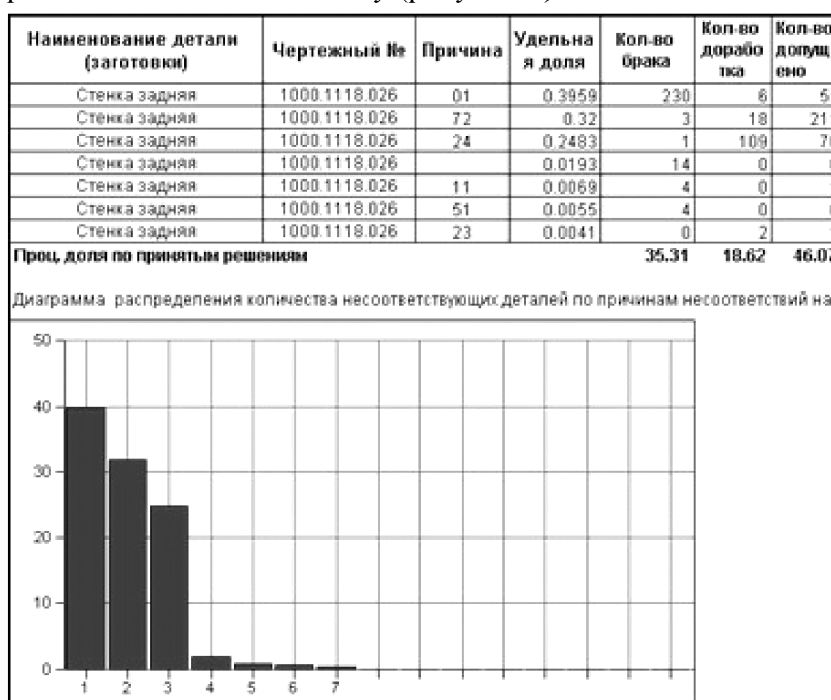


Рисунок 6

Общие объемы плановых и фактических выпусков и продаж, планируемые и фактиче-

ские доходы и расходы сводятся в едином консолидированном отчете (рисунок 7). Этот отчет является основным при обсуждении на внутреннем собрании акционеров.

НПО "Турботехника"						
Консолидированный план-отчет за 01.01.11 - 01.07.11						
	Всего		Январь		Февраль	
	Кол-во	Сумма	Кол-во	Сумма	Кол-во	Сумма
Турбокомпрессор ТКР-9-22	535	5 902 655.00	15	165 495.00	120	1 323 500.00
Турбокомпрессор ТКР-90	2 669	24 439 499.20	339	3 104 155.20	305	2 792 600.00
Турбокомпрессор ТКР-90 в/п	10	85 550.00				
Турбокомпрессор ТКР-90-03.1-02	11	99 000.00	2	18 000.00	3	27 000.00
Турбокомпрессор ТКР-90-13	35	320 488.00	5	45 784.00	5	45 784.00
Турбокомпрессор ТКР-90-14	2 310	21 152 208.00	322	2 948 489.60	303	2 774 400.00
Турбокомпрессор ТКР-90-14 в/п	60	513 300.00				
Турбокомпрессор ТКР-90-2	75	712 500.00				
Ремонт ТКР	54	516 781.00			21	200 000.00
<b>Выполнение плана производства</b>						
<b>ИТОГО:</b>	<b>17 715</b>	<b>157 487 911.20</b>	<b>2 356</b>	<b>21 498 237.60</b>	<b>3 269</b>	<b>29 379 000.00</b>
% выполнения		85.38%		87.7%		100.0%
<b>Всего выполнено (+,-):</b>	<b>-3162</b>	<b>-26 958 875.00</b>	<b>-452</b>	<b>-3 016 245.20</b>	<b>165</b>	<b>690 000.00</b>
<b>То же (+,-) в %</b>		<b>-14.62%</b>		<b>-12.3%</b>		
ТеплообменникЖМТ 650.1013600-01	5	27 730.00				
ТеплообменникЖМТ 6581.1013600-20	422	2 340 412.00	20	110 920.00	67	371 500.00
Турбокомпрессор 4Н206К682CF	1					
Турбокомпрессор ТКР-100	7 655	71 359 910.00	1 197	11 158 434.00	1 196	11 149 100.00
Турбокомпрессор ТКР-100 в/п	240	2 053 200.00	64	547 520.00	141	1 206 200.00
Турбокомпрессор ТКР-100-01	497	4 691 680.00	78	736 320.00	179	1 689 700.00
Турбокомпрессор ТКР-100-02	486	4 588 400.00	73	686 200.00	179	1 682 600.00
Турбокомпрессор ТКР-100-03	65	605 930.00	7	65 254.00	27	251 600.00
Турбокомпрессор ТКР-100-03 в/п	4	34 220.00				
Турбокомпрессор ТКР-100-04	54	503 388.00	7	65 254.00	17	158 400.00
Турбокомпрессор ТКР-100-04 в/п	4	34 220.00				
Турбокомпрессор ТКР-100-05	310	3 219 040.00	42	436 128.00	45	467 200.00

Рисунок 7

Рекламационный акт - 000004

DD | D1 | D2 | D3 | D4 | D5D6-1 | D5D6-2 | D7 | D8 | Результат

Рекламационный акт №: 000004 от 14.01.11 Код: 1,100,00,00,00,00

Модель: Турбокомпрессор ТКР-100 Заводской №: 75968

Фирма: ЗАО "НПО "Турботехника" Ответственный: Грашин Олег Игоревич

Контрагент: Торговый дом "Дизель-МТС", ООО

Дата поступления: 18.12.10 Способ доставки: Наш транспорт

Оплата транспортного тарифа сумма: 0.00 Документ:

№ накладной контрагента: 321350 от 17.12.10

№ акта контрагента: 2213 от 01.10.10

Место обнаружения дефекта: Гарантия

Причина по акту контрагента: Другие причины

Двигатель: Модель: ЯМЗ-238ДЕ-22 Номер: А0378218

Дата выпуска: 13.01.10 Пробег: 282

№ письма вызова контрагента: 637/402-1 от 20.12.10 Срок ответа на письмо вызова: ...

№ письма о приезде контрагента: от ...

Статус одобрения этапа DD:  не определен  одобрен  отклонен причина: ...

Прик. накл. 1,100.Г.00 Дата передачи на комиссию: 20.12.10

OK Закрыть Печать 8D

Рисунок 8

Учет готовой продукции ведется по заводским номерам. Проводится контроль испыта-

ний каждого экземпляра на испытательных стендах, стендах контроля дисбаланса на сборке. Прослеживается дальнейший этап — эксплуатация. Для этого этапа в модуле 1С Производство работает механизм анализа внешних рекламаций по форме 8D ISO16949. Это позволяет еще эффективней искоренять причины, вызывающие несоответствия технических параметров (рисунок 8).

Машиностроение — область быстрого развития и постоянного совершенствования в условиях жесткой конкуренции, что приводит к новым задачам автоматизации. Мы стремимся иметь единое IT-поле, которое охватит все этапы создания продукции от концепции и проектирования до производства, продажи и эксплуатации и позволит вовлечь специалистов фирмы в решение общей задачи по созданию и внедрению продукции на каждом этапе ее воплощения и обеспечит процессный принцип работы по горизонтали.

В настоящее время в НПО «Турботехника» запущена и успешно функционирует АИИС КУЭ на базе многофункциональных счётчиков «Меркурий», тепловычислителей «ТНК-100» и блоков связи фирмы «Мокса» (МОХА).

К отличительным особенностям АИИС КУЭ можно отнести следующее:

- цифровые каналы связи на всех уровнях позволяют использовать помехозащищённые протоколы обмена, исключающие потерю информации;
- за счёт использования многофункционального счётчика типа «Меркурий» к одному цифровому каналу подключаются до 20-и информационных каналов (измеряется напряжение, ток, мощность и т.д.);
- все измеряемые параметры сопровождаются точным астрономическим временем;
- двойное резервирование информации (в счётчике и на сервере) обеспечивает высокую надёжность системы;
- передача информации на более высокие уровни (Энергосбыт, РЭС и т.д.) осуществляется любыми стандартными средствами связи, в том числе и через Интернет;
- масштабируемость позволяет легко наращивать функции системы (количество измерительных и управляющих каналов);
- открытость (соответствие международным и промышленным стандартам) позволяет легко вносить изменения в систему при появлении новых технологий;
- весь комплекс от счётчиков до верхнего уровня включительно будет сертифицирован как тип средства измерения;
- в настоящее время ведутся работы по дополнению АИИС КУЭ системой учёта тепла и холодной воды.

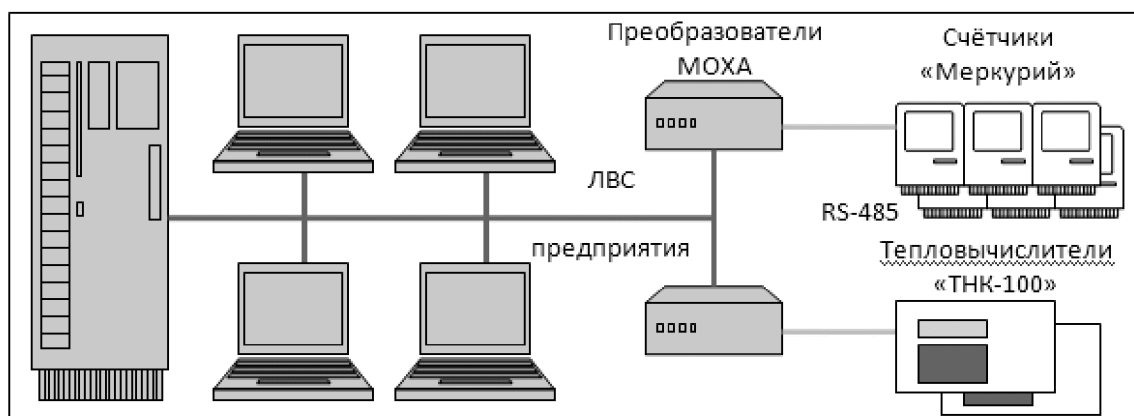
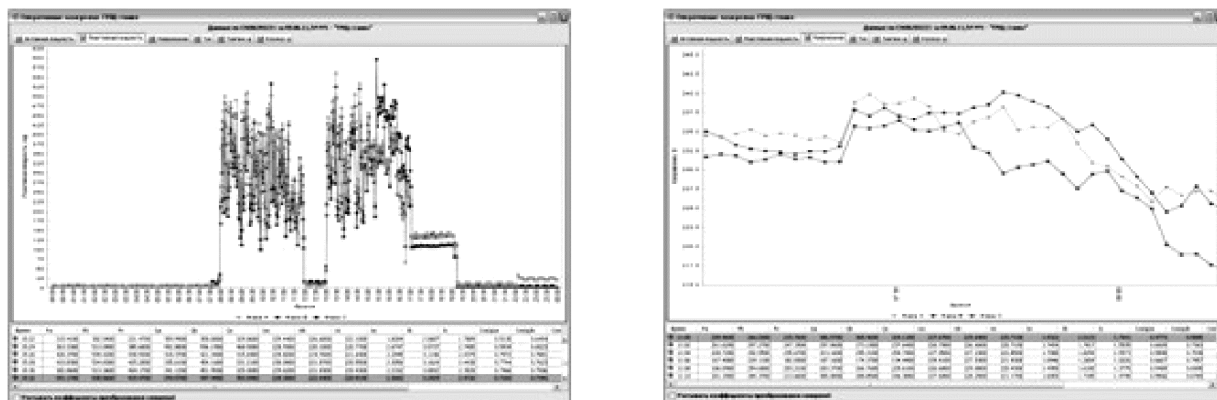


Рисунок 9

Система состоит из двух уровней (рисунок 9). Нижний уровень представляют многофункциональные счётчики «Меркурий» и тепловычислители «ТНК-100», верхний уровень — сервер и автоматизированные рабочие места (АРМы). В качестве связного оборудования используются преобразователи фирмы «Мокса», которые преобразуют протокол работы счётчиков из RS-485 в Ethernet. В качестве среды передачи данных используется ЛВС предприятия. На сервере установлена операционная система MS Windows 2008 Server, а для хранения

полученных данных используется MS SQL Server 2008.

АИИС КУЭ позволяет точно определять количество потреблённых энергоресурсов как предприятием в целом, так и его отдельно взятыми подразделениями (рисунок 10). Программный комплекс сборки и обработки данных позволяет контролировать расход энергоресурсов как в штатном (30-и минутные данные), так и в оперативном (2-х минутные данные о текущем состоянии энергопотребления) режимах. Данные по многим параметрам приборов учёта хранятся в базах данных несколько лет, что позволяет полноценно анализировать ситуацию с энергопотреблением и прогнозировать энергетические нагрузки заранее. Программным комплексом предусмотрен также вывод данных в стандартные отчётные формы.



**Рисунок 10**

Создано программное обеспечение, предназначенное для автоматизации технологических процессов производства [1].

В связи с внедрением нового измерительного оборудования и неудобством использования программного обеспечения поставщика этого оборудования, была создана универсальная программа сбора данных.

Программа используется под управлением операционной системы Windows XP SP3. В качестве оборудования и программного обеспечения для организации связи с измерительным оборудованием используется конвертер интерфейсов фирмы MOXA NPort 5410 и штатное программное обеспечение в виде программы NPortAdministrator. В качестве среды передачи данных используется ЛВС предприятия.

Программа позволяет одновременно работать со всем подключенным измерительным оборудованием, что значительно сокращает временные затраты на переключения как между самим оборудованием, так и при переключении между программами штатного программного обеспечения, представленного производителем.

На предприятии используются балансировочные станки SCHENCK CAB950T – S. Штатное программное обеспечение, работающее на базе операционной системы MS Windows XP, обеспечивающее работу станков, сохраняет данные о балансировке детали (корпус подшипника ТКР в сборе с ротором) в формате Portable Document Format (PDF). Это затрудняет дальнейшую обработку собранной информации с целью поиска альтернативных вариантов отображения результатов и сбора статистики испытаний по следующим причинам:

- файл данных сохраняется в кодировке Identity-H, что не позволяет извлекать из него данные через стандартный буфер обмена операционной системы;
- собранная информация хранится только определенный отрезок времени, что не позволяет пользоваться данными, полученными более месяца назад;
- изначально сохраняемая информация избыточна для нужд предприятия.

В связи со всем вышесказанным было разработано программное обеспечение, которое позволило:

- сохранять только определённый перечень получаемых параметров;
- сохранять данные испытаний в удобном для нужд предприятия виде;

- сохранять данные в формате, удобном для дальнейшей обработки и хранения;
- сохранять статистику испытаний различных типов ТКР с возможностью дальнейшего её анализа;
- в перспективе объединять данные испытаний с данными о контроле прохождения деталей ТКР по территории предприятия.

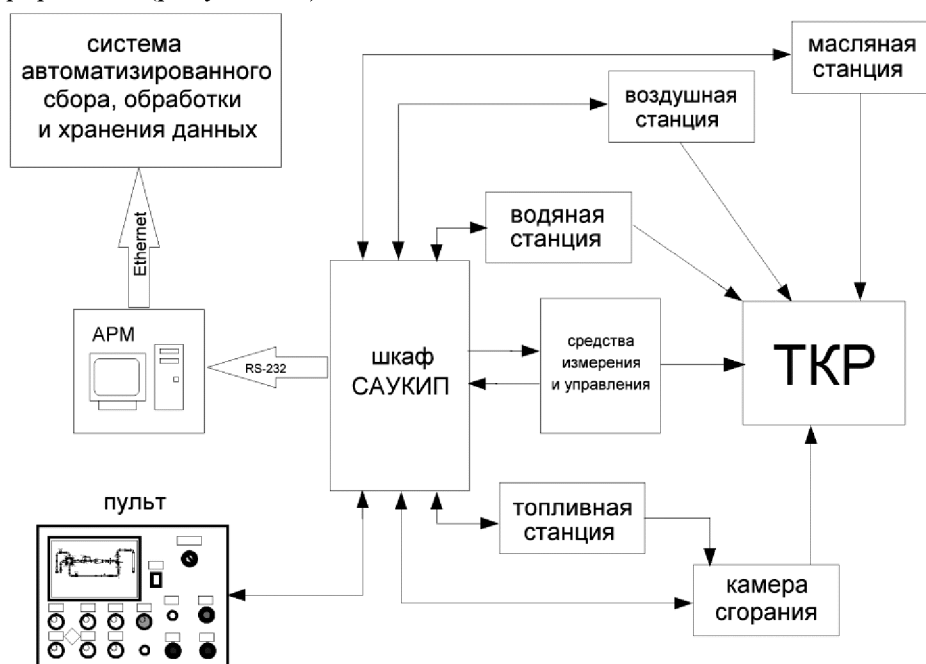
На предприятии для учета средств измерений используется MS EXCEL. Каждое средство измерения вписывается в таблицу со всеми своими характеристиками. Этот подход удобен по нескольким причинам:

- часть данных повторяется;
- поиск по базе ограничен возможностями Excel;
- отображение состояния средств измерений (поверено/не поверено) на текущую дату невозможно сделать автоматически.

Это сильно затрудняет поиск поверенных или неповеренных устройств.

В связи с этим была разработана база данных в среде MS SQL и создан интерфейс, позволяющий работать с этой базой. Такой способ хранения данных уменьшает время заполнения (использование ссылок на повторяющиеся поля) и позволяет проводить необходимую выборку из базы, что значительно экономит время выбора необходимого инструмента и время анализа общей ситуации состояния мерительного оборудования.

Процессы создания нового продукта и выпуск серийной продукции невозможны без проведения исследовательских и контрольно-измерительных испытаний, являющихся одним из важнейших звеньев в цепи жизненного цикла изделия. Для этих целей на нашем предприятии были созданы стенды контрольно-исследовательских испытаний турбокомпрессоров (СКИИТы) [2]. Стенды являются оригинальной разработкой нашего предприятия и позволяют проводить горячие испытания в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным. Нами разработан и изготовлен уникальный стенд, работающий как по замкнутой схеме при проведении контрольных испытаний для серийной продукции, так и по разомкнутой схеме для исследовательских испытаний опытных образцов. Переход от одной схемы к другой осуществляется специализированным узлом преобразования. СКИИТы оборудованы средством человеко-машинного интерфейса, позволяющего в режиме реального времени контролировать и снимать параметры, а также системой автоматического сбора, обработки и хранения информации (рисунок 11).



Функциональная схема стенда испытаний турбокомпрессоров

Рисунок 11



Все цифровое оборудование было приобретено у фирмы ОВЕН. Из всех возможных протоколов обмена данными выбран ModBus как самый быстрый и самый универсальный.

При создании стенда проделана следующая работа:

- создание соединения между приборами ОВЕН по протоколу ModBus;
- реализация управления стендом средствами дискретных входов и выходов МДВВ;
- программирование логического контроллера ПЛК 154 для сбора и передачи данных с измерительных приборов;
- реализация удаленного управления стендом и мониторинга измерительных приборов средствами сенсорной панели СП270;
- оповещение о критических ситуациях сообщениями и звуковыми сигналами на панели СП270;
- обмен данными с сервером для отображения и сохранения данных на компьютере.

Разработана программа управления контроллером, которая контролирует весь технологический процесс. Программа написана в среде CoDeSys V 2.3 [3]. Контроль осуществляется за счет входов и выходов МДВВ. Каждый из выходов может иметь значение либо 0, либо 1. Большая часть программы построена именно на этом принципе. Ошибки, отображаемые панелью, также запрограммированы в ПЛК. Это сделано с помощью таких функций, как таймер и генератор импульсов. Обмен данными по сети Ethernet осуществляется протоколом ModBus. ПЛК является клиентом, а ПК сервером.

Минимальный цикл программы длится 6 мс, опрос МДВВ происходит каждые 20 мс. В связи с этим возможны задержки не более чем на 1 секунду при использовании органов управления.

Программное обеспечение продукта играет первостепенную роль в создании нового продукта, т.к. на ранней стадии, т.е. стадии разработки и проектирования, можно с наименьшими финансовыми и временными затратами получить желаемый результат (рисунок 12).



Рисунок 12

Программно-информационный комплекс по разработке и проектированию турбокомпрессоров и других агрегатов и систем двигателя разрабатывался и совершенствовался на протяжении всего времени существования предприятия и основывался на собственных ноу-хау, мировых разработках, многолетней экспериментальной базе.

Комплекс включает в себя все этапы по разработке и проектированию, начиная от моделирования двигателя и расчета характеристик воздухообеспечения. На всех этапах расчетов используются опытные и статистические данные. Поэтапно производятся газодинамические и прочностные расчеты (рисунок 13) [4].

Созданный на предприятии расчетный комплекс по определению геометрических параметров, газодинамических и прочностных расчетов, согласования с двигателем позволяют в кратчайшие сроки с минимальными потерями финансовых и временных ресурсов проектировать новые изделия, отвечающие современным требованиям.

Одним из основных элементов высоких аэродинамических характеристик наших турбокомпрессоров является использование разработанной в НПО «Турботехника» программы определения геометрии рабочих колес компрессора, турбины и сопловых аппаратов с определением геометрических параметров и согласованием работы турбокомпрессора с двигателем [5].

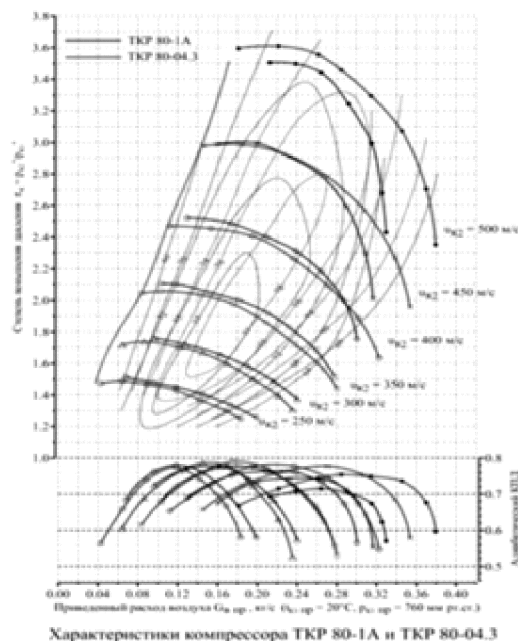
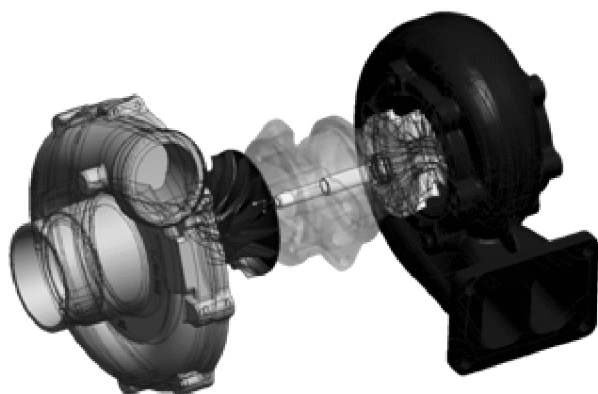


Рисунок 13

После анализа и корректировки результатов расчетов процесс переходит к этапу разработки конструкторской документации.

По разработанной геометрии изготавливается литейная оснастка для производства колес и корпусов лопаточных машин и создаются опытные образцы. После получения положительных результатов испытаний опытных образцов изделия и окончательной корректировки конструкторской документации наступает этап разработки технологии и организации массового производства.

Внедрение НПО «Турботехника» IT-технологий практически во все стадии от концепции продукта до склада готовой продукции является залогом успешного развития объединения.

Подтверждением является то, что, несмотря на мировой экономический кризис, мы сохранили и сейчас наращиваем объемы производства (рисунок 14).

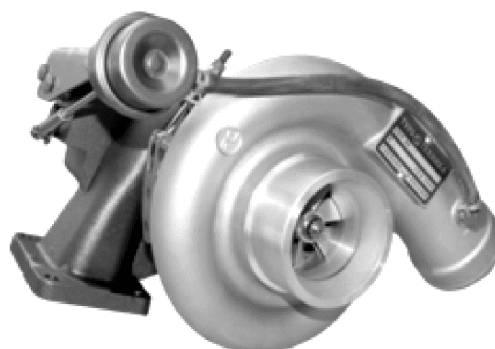
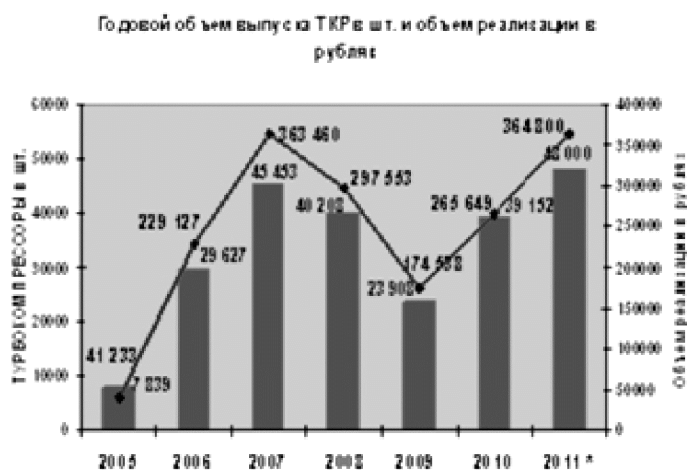


Рисунок 14

На сегодняшний день мы выпускаем около 40 моделей ТКР и почти столько же их модификаций от наименьшей размерности (ТКР-44) до наибольшей (ТКР-155).

Особое внимание уделяется развитию новых направлений: ведутся разработки системы регулируемых турбокомпрессоров, создан и проходит испытания электротурбокомпрессор, практически не имеющий аналогов в мире; осваиваются новые агрегаты и системы двигателя – теплообменники охлаждения масла в системе двигателя, теплообменники системы рециркуляции отработавших газов, водяные насосы и другие агрегаты двигателя.

Для нас очевидно, что информационные технологии являются неотъемлемой частью бизнес-стратегии решения сегодняшних вопросов и достижения долгосрочных целей.

На базе созданной на нашем предприятии единой системы информационно-технологического управления разработкой и производством турбокомпрессоров и других систем и агрегатов наддува двигателей нами ведутся работы по созданию инжинирингового центра [6], который объединит отечественный потенциал специалистов двигателестроения и станет основой создания инженерной компетенции российского автопрома.

#### Литература

1. Каминский В.Н., Каминский Р.В., Ковальцов И.В. и др. Разработка программного комплекса для решения технологических задач ЗАО «НПО «Турботехника». Сб. трудов VI Международной научно-практической конференции «Информационные технологии в образовании, науке и производстве», г. Протвино, 2012.
2. Каминский В.Н., Каминский Р.В., Сибиряков С.В., Лазарев А.В. и др. Использование информационных технологий при контрольно-исследовательских испытаниях турбокомпрессора на безмоторной стенде. Сб. трудов VI Международной научно-практической конференции «Информационные технологии в образовании, науке и производстве», г. Протвино, 2012г.
3. Брокарев А.Ж., Петров И.В. Программируемые логические контроллеры, МЭК системы программирования и CoDeSys. Периодический информационный журнал «Автоматизация и производство», №1, 2006г., М., ПК «Пушкинская площадь», 2006.
4. Симсон А.Э., Каминский В.Н. Турбонаддув высокооборотных дизелей, М., Машиностроение, 1976.
5. Каминский В.Н. Совершенствование рабочего процесса современного автотракторного двигателя с турбонаддувом. Сб. «Проблемы обеспечения эффективности и устойчивости функционирования сложных технических систем», Серпухов, 2000г.
6. Каминский В.Н. Инжиниринговые центры как необходимое условие локализации автомобильного производства в России. Ведомости II Международного форума по развитию автомобилестроения и производства автокомпонентов в России «АвтоЭволюция 2011» г. Калуга, 2011.

#### **Создание стендов для контрольно-исследовательских испытаний турбокомпрессоров**

д.т.н. проф. Каминский В.Н., Каминский Р.В., Лазарев А.В., Григоров И.Н., Костюков А.В., Корнеев С.А., Ковальцов И.В., Сергеев А.С., Гусак А.А., Сибиряков С.В.  
*Университет машиностроения, НПО «Турботехника»,*  
[turbo@kamturbo.ru](mailto:turbo@kamturbo.ru)

*Аннотация.* Описывается стенд безмоторных испытаний турбокомпрессоров: его конструкция, принципы работы, метод определения характеристик.

*Ключевые слова:* безмоторные испытания, параметры измерения, система автоматизированного управления

Стенды предназначены для контрольных и приёмо-сдаточных испытаний турбокомпрессоров (ТКР) в диапазонах типоразмеров 45...50, 60...80, 90...100, 180...230 и их модификаций для проверки соответствия параметров ТКР в контрольной точке требованиям технических условий (ТУ) при серийном производстве.

Испытательный комплекс состоит из 4-х независимых стендов. Каждый из стендов предназначен для работы с определённым типом турбокомпрессоров (рисунок 1), однако структуры стендов идентичны.

Стенд испытаний турбокомпрессоров – это комплекс технологического, пневматического, гидравлического, электрического оборудования, объединенного системой автоматизированного управления, контроля и измерения параметров [1].