

Информационная поддержка процессов обеспечения надежности технически сложных изделий

Надежность – важное комплексное свойство изделия, сопровождающее его на всех этапах жизненного цикла – от разработки до вывода из эксплуатации. Для потребителя надежность сложного технического изделия входит в число важнейших характеристик, по которым он оценивает изделие, наряду с функциональностью, стоимостью, дизайном и брэндом (имиджем марки или производителя). И часто выступает как основная оценка совокупного качества продукта.

Выпуская любое технически сложное изделие, производитель неотвратно сталкивается с решением следующих задач в области надежности:

- оценка и моделирование при проектировании;
- расчет, анализ и оптимизация в течение разработки;
- улучшение в ходе эксплуатации.

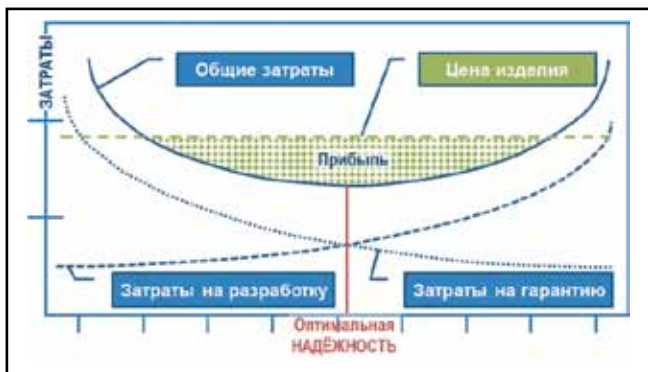


Рис. 1. Оптимизация надежности

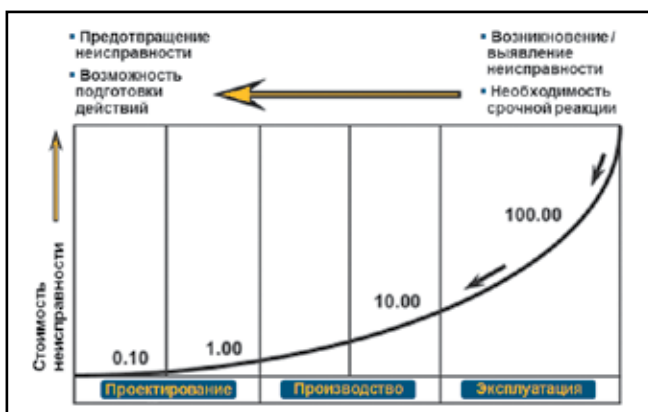


Рис. 2. Влияние проектирования надежности на сокращение затрат ЖЦИ

В ходе разработки изделия анализ и оптимизация показателей его надежности позволяет найти компромисс между требованиями к надежности и затратами, необходимыми на их обеспечение (рис. 1). Результатом этих действий в целом является уточнение стратегии продукта и плана его жизненного цикла.

Характеристики надежности формируются на этапе разработки изделия, поскольку в условиях современной конкурентной среды их практически невозможно значительно изменить в ходе производства и тем более при эксплуатации. Проектируя определенный уровень надежности, мы тем самым определяем максимальный уровень качества изделия и минимальный уровень затрат на его поддержку (рис. 2).

На этапе эксплуатации план-факт анализ эксплуатационных показателей надежности позволяет осуществить ранний прогноз рисков, связанных с работоспособностью продукта, что способствует принятию мер по повышению уровня готовности изделия и тем самым определяет оценку успешности эксплуатации изделия у его потребителей.

Организация, обладающая хорошими возможностями управления надежностью, обеспечивает себе значительное конкурентное преимущество как на стадии разработки и поддержки эксплуатации изделия, так и при переговорах о потенциальных контрактах на разработку новых систем.

Готовность, безотказность, ремонтпригодность

Готовность – это способность изделия выполнить требуемую функцию при данных условиях в предположении, что необходимые внешние ресурсы обеспечены (ГОСТ Р 27.002-2009 “Надежность в технике”). По сути, готовность оценивает частоту нахождения системы в рабочем и в нерабочем состоянии.

Основными направлениями исследования готовности являются:

- анализ возможностей по увеличению наработки до отказа;
- анализ возможностей сокращения времени плановых (техническое обслуживание и плановые ремонты) и неплановых (аварии) простоев;

► анализ возможностей реализовать указанные выше задачи с учетом оптимизации затрат.

Современные изделия характеризуются высокой насыщенностью системами, узлами и компонентами, отказы которых могут происходить независимо друг от друга в течение цикла эксплуатации. Это является, пожалуй, важнейшей проблемой с точки зрения анализа готовности. Поэтому результаты анализа готовности должны поддерживать выполняемое производителем первоначальное планирование задач технического обслуживания изделия, поставляя информацию о всех выявленных особенностях готовности его составных частей.

Необходимо отметить, что в целом рост показателя готовности позволяет увеличить длительность работоспособного состояния изделия, тем самым обеспечивая, как возврат инвестиций покупателя, так и сокращение затрат производителя на гарантийное и прочее обслуживание.

Безотказность – это способность изделия выполнить требуемую функцию в заданном интервале времени при данных условиях (ГОСТ Р 27.002-2009 “Надежность в технике”). Это свойство надежности определяет вероятность эксплуатации системы в данный интервал времени без наблюдения отказов. Целью анализа безотказности является сокращение частоты отказов системы.

Понятие безотказности связано с такими расчетными показателями, как ВБР (вероятность безотказной работы), λ (интенсивность отказов), МТТФ (средняя наработка до отказа), МТБФ (средняя наработка между отказами), среднее время эксплуатации системы (например, часы наработки или циклы работы).

Система будет тем надежнее, чем выше ее показатели ВБР, МТТФ и МТБФ, а также чем ниже интенсивность отказов для заданного интервала времени ее работы.

Высокая безотказность изделия означает, с одной стороны, сокращение удельных и общих эксплуатационных затрат покупателя, как за счет роста времени работы изделия, так и путем сокращения расходов на запасные части и трудозатрат на поддержку техники. С другой стороны, производитель также получает преимущества, например за счет сокращения затрат гарантийного периода.

И хотя улучшение показателей безотказности обычно требует роста капитальных затрат на стадии разработки изделия, тем не менее достижение таких результатов, как рост готовности, сокращение времени простоя и сокращение затрат на обслуживание, позволяет производителю высоконадежного изделия получать дополнительную прибыль, как за счет прямого роста продаж, так и за счет повышения собственного имиджа, также положительно влияющего на развитие отношений с клиентами.

Тем не менее, здесь следует уточнить, что реальный производитель не всегда стремится создавать максимально безотказный продукт. Ему гораздо выгоднее оптимизировать надежность изделия под рыночную стратегию его продвижения. Такая задача требует про-

ведения многочисленных расчетов и анализа множества возможных альтернатив и вариантов реализации не только самого изделия, но и всей инфраструктуры его поддержки, в том числе задач технического обслуживания, что в современных условиях невозможно без автоматизированной информационной поддержки.

Необходимо помнить, что у проблемы безотказности существует и “обратная сторона”. Каждый руководитель обязан знать о “стоимости ненадежности” – скрытых затратах, внезапно возникающих вслед за произошедшей аварией. Результатом внеплановой аварии, вызванной ненадежностью какой-либо, обычно незначительной, детали, практически всегда являются несоразмерные затраты на ее устранение по сравнению с планируемыми затратами на обслуживание или ремонт. Необходимость в краткие сроки найти, доставить и установить хоть и небольшую, но вполне вероятно дефицитную деталь определяет уровень возникающих значительных переделов. Кроме того, имиджевые потери зачастую превосходят расходы на ремонт и устранение последствий, в некоторых случаях приводя к закрытию таких производителей-неудачников.

Поэтому нахождение верного баланса между безотказностью и потенциальными затратами на предотвращение и/или устранение случившихся отказов, например в ходе технического обслуживания и ремонта, является важной задачей управления надежностью.

Ремонтопригодность – это способность изделия при данных условиях использования и технического обслуживания к поддержанию или восстановлению состояния, в котором оно может выполнить требуемую функцию (ГОСТ Р 27.002-2009 “Надежность в технике”). Свойство ремонтопригодности определяет как быстро и насколько просто можно выполнить техническое обслуживание или ремонт данной системы или изделия.

Характеристики ремонтопригодности обычно напрямую зависят от конструкции изделия, которая определяет набор процедур технического обслуживания, а также их длительность и, следовательно, время восстановления работоспособности.

Исходными данными для выполнения анализа ремонтопригодности, кроме данных о собственно задачах обслуживания, является информация о персонале и его квалификации, требованиях к оборудованию и расходным материалам, организационному уровню выполнения работ, показатели безотказности для обслуживаемых элементов.

Основными вычисляемыми показателями ремонтопригодности являются: МТТР (среднее время до восстановления), ММН (трудоемкость обслуживания), Мс_т (продолжительность обслуживания).

Таким образом, высокоэффективное изделие должно одновременно обладать оптимальными показателями:

- безотказности, гарантирующим возникновение малого количества отказных ситуаций в течение его эксплуатации в заданных рабочих окружениях;
- готовности, обеспечивающей длительную работоспособность;

ремонтоспособности, то есть простотой восстановления работоспособности изделия.

Управление надежностью

Вопрос управления надежностью изделий не является новым. Его актуальность периодически обостряется в связи как с развитием парадигмы промышленного производства в целом, так и с постоянным ростом сложности самих производимых изделий (в частности с увеличением в их составе электронных компонентов).

Процесс управления надежностью по своей сути является итеративным и проектным. При проектировании изделия анализ надежности начинается с самых ранних стадий, что обеспечивает производителю большую уверенность в возможности соблюдения требований заказчика. Различные задачи надежности требуют постоянного внимания, анализа и пересмотра результатов, актуализации и выбора вариантов решений. Причем весь процесс должен происходить при непосредственном взаимодействии широкого круга подразделений, участвующих в конструкторско-технологической подготовке производства, а не только внутри службы надежности организации.

В связи с такой комплексностью задач и участников организациям, стремящимся стать действительно эффективными, следует оптимизировать вопросы организации работы и информационной поддержки управления надежностью.

Основные шаги процесса управления надежностью, общие для всех отраслей промышленности, представлены на рис. 3.



Рис. 3. Цикл управления надежностью

Определение требований к надежности

На начальном этапе работ требуется четкое определение требований в области надежности для самого продукта с учетом планируемых условий его эксплуатации. Это может выполняться как на уровне изделия в целом, так и детализироваться до его систем, сборок и компонентов.

Вопрос конкретизации требований к использованию и рабочему окружению изделия чрезвычайно важен, так

как во многом позволяет определить круг возможных решений и необходимых исследований. Он может решаться на основе как исследования мнения потенциальных заказчиков, так и сбора информации о работе аналогичных устройств и анализа характеристик потенциальных рабочих сред.

Важно, чтобы в состав собираемых требований входили требования, ориентированные на решение задач надежности.

Вслед за сбором требований к надежности необходимо произвести их сопоставление с требованиями к конструкции изделия и далее – с производственными требованиями.

Систематический контроль соблюдения требований, их сопоставление на предмет непротиворечивости друг другу является обязательным условием эффективного проектирования изделия. Он позволяет управлять рисками, связанными с недостижением запланированных результатов проекта, такими как ожидания заказчиков, реализуемые функциональные возможности и физические характеристики изделия.

Идентификация целевых параметров надежности

С точки зрения управления рисками, связанными с надежностью изделия, очень важно изначально понимать, насколько новым будет разрабатываемый продукт. В зависимости от того, является ли изделие модернизированной версией предыдущего, либо ориентировано на новый рынок/новые рабочие окружения, или это продукт с большим количеством новых разработок, или даже принципиально новый для конкретного производителя – в программу управления надежностью должно быть включено то или иное количество аспектов исследования надежности.

Результатом этого этапа является выявление ключевых элементов с точки зрения их влияния на уровень надежности изделия. Необходимо сформировать стратегию сокращения рисков в области надежности, в частности конструкторам следует обратить пристальное внимание на сокращение сложности изделия и применение стандартных альтернатив с подтвержденным уровнем надежности.

Важным инструментом, применяемым на этом этапе разработки изделия, является АВПО (Анализ видов и последствий отказов), который позволяет идентифицировать возможные виды отказов для продуктов или процессов, а также выполнить качественную оценку возможности возникновения различных отказных режимов и серьезности их последствий. Это позволяет разработать программу корректирующих мероприятий, ориентированных на предупреждение наиболее опасных и проблемных потенциальных отказов.

Анализ и оценка надежности

Постоянное выполнение расчетов и прогнозных оценок надежности изделия всегда важно для оценки успешности проекта разработки, даже если это грубая и предварительная оценка, выполняемая на ранних стадиях проектирования.

Прогнозный расчет может выполняться как на базе информации об аналогичных системах и компонентах, так и путем экспертной оценки.

Комплексное применение математического аппарата средств автоматизации расчетов надежности, стандартных библиотек с параметрами надежности компонентной базы, методов имитационного моделирования, использование данных производителей компонентной базы изделия в большинстве случаев позволяют достаточно быстро и с достаточной точностью выполнить множество альтернативных прогнозных расчетов параметров надежности разрабатываемого изделия, учитывающих различные требования, варианты его компоновки и применения.

Оптимизация надежности

В ходе данной стадии состав исходных данных для проведения количественной оценки надежности расширяется за счет данных тестирования и проводимых испытаний образцов составных частей изделия для различных рабочих окружений.

Обычно исследования на этом этапе представляют собой ряд итераций, оценивающих результаты выполняемых тестов. После проведенного анализа принимаются различные изменения конструкции изделия, и комплекс анализов с соответствующей их оценкой повторяется снова.

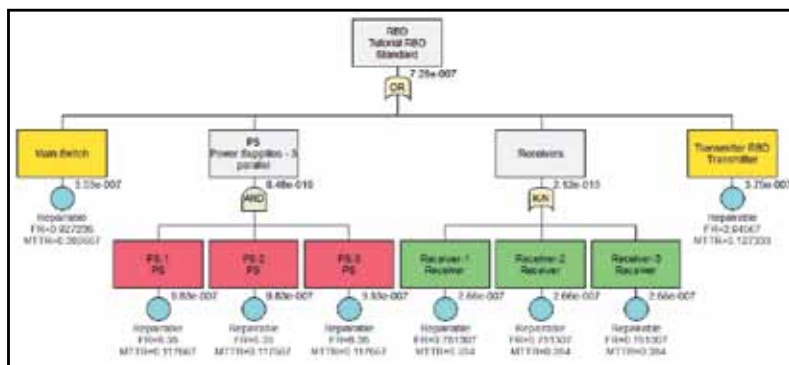


Рис. 4. Анализ деревьев отказов

Набор применяемых инструментов достаточно широк:

- ▶ ускоренное тестирование образцов, выполняемое с целью выявления возможных отказов, изучения их природы, а также в некоторых случаях уточнения оценки их интенсивности;
- ▶ АВПКО (Анализ видов, последствий и критичности отказов), выполняемый для количественного анализа отказов, а также позволяющий разрабатывать программу тестирования изделия, ориентированную на выявление проблемных зон или режимов возникновения отказов. Результаты анализа инициируют конструкторские изменения, улучшающие изделие;
- ▶ анализ деревьев отказа (АДО), выполняемый по результатам АВПКО и позволяющий отработать комбинации событий, которые приводят к возникновению отказных режимов (рис. 4).

Интеллектуальные решения для современного производства



Стратегия эффективного развития информационных систем
 Внедрение современных методов проектного управления
 Интегрированная логистическая поддержка

Реальный PLM. От концепции до послепродажного обслуживания

анализ по структурным схемам надежности, используемый для моделирования и расчета надежности изделия путем оптимизации параметров резервирования его компонентов (рис. 5). В ходе итеративного процесса определяются слабые места изделия, находятся оптимальные схемы дублирования компонентов и систем, сравниваются возможные решения на уровне изделия в целом, обеспечивающие требуемый уровень его надежности, производится расчет показателей безотказности и готовности.

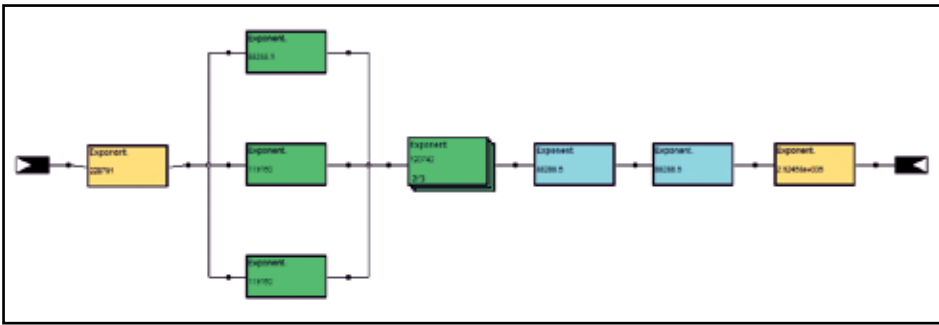


Рис. 5. Расчет и анализ структурных схем надежности

Подтверждение анализа надежности

Все указанные выше стадии анализа надежности должны продолжаться до тех пор, пока не появится результат, признаваемый приемлемым. Подтверждением успеха анализа надежности при разработке изделия является успешное выполнение серии тестов, выполняемых на опытном образце.

Исследования надежности изделия на стадии производства призваны решить следующие основные задачи:

- изучение влияния на надежность изделия производственных процессов. Производится сокращение, устранение и предотвращение проблем, влияющих на надежность и связанных с естественными вариациями производственного процесса, такими как различие используемых материалов, различие процессов на разных производственных площадках, влияние человеческого фактора, разные уровни загрязнения производственных площадок и др.;

- дополнительной, но крайне важной задачей является изучение надежности поставщиков, производителей покупных составных частей, которыми комплектуется выпускаемое изделие.

На базе поступающих эксплуатационных данных надежность изделия должна постоянно пересчитываться с учетом вновь открывающихся факторов. Скорость принятия решений о разработке и внедрении конструкторских изменений должна быть максимальной. Выбираемые решения должны основываться на уже проработанных и подтвердивших свою эффективность возможностях, позволяющих вносить минимальные изменения в общий производственный процесс.

Мониторинг и контроль

В начальный период результирующей стадии жизненного цикла изделия – его эксплуатации – основной задачей производителя является сокращение объема отказов, возникающих у потребителя.

Появление отказов практически неизбежно по причине высокой сложности проектируемых изделий, а также относительно сжатых сроков разработки и вывода продукции на рынок. Реальным способом сокращения количества отказов является организация

постоянного мониторинга и анализа эксплуатационных данных, подкрепляемых выстраиванием эффективного процесса выработки и внедрения корректирующих действий, позволяющих не просто отработать возникающие отказы, но определить причину их возникновения и выработать меры по предупреждению их повторного появления.

Признанной методологией, предназначенной для решения этой задачи, является FRACAS (Failure Reporting, Analysis and Corrective Action Systems – система отчетности, анализа и выработки корректирующих действий по отказам) (рис. 6). Автоматизированные решения, реализующие методологию FRACAS, позволяют собирать и обрабатывать исходные данные по эксплуатационным отказам и событиям, выполнять комплексный анализ, ориентированный на выявление успешных способов устранения отказных режимов и событий, а также обеспечивают повторное использование накопленных знаний не только в текущей программе изделий, но и во всех корпоративных программах разработки и эксплуатации выпускаемых изделий.

Другим аспектом мониторинга и контроля является выявление неблагоприятных отклонений в производственном процессе. Совместной задачей специалистов по надежности и производственных технологов становится определение “комфортных” границ, обеспечи-



Рис. 6. Алгоритм FRACAS

вающих выпуск изделий с высокими характеристиками надежности. В настоящее время одним из ведущих инструментов, решающих эту задачу, является метод статистического контроля процессов (SPC).

Достижимые преимущества от внедрения инструментов управления надежностью

На отечественном рынке представлен ряд решений разного уровня, позволяющих автоматизировать различные аспекты описанных выше задач управления надежностью. На что следует обратить внимание при выборе средств автоматизации? Следующие возможности можно определить как критичные:

- ▶ функциональная насыщенность информационных систем, позволяющая удовлетворить не только текущие (обычно незначительные потребности), но, что более важно, перспективные задачи подразделений, участвующих в разработке и улучшении изделий, а также в поддержке их эксплуатации;
- ▶ наличие встроенных возможностей методической поддержки, таких как разнообразные расчетные методы и расширяемые пользователем библиотеки компонентной базы;
- ▶ интеграция с корпоративной системой информационной поддержки жизненного цикла изделий (PLM-системой).

В результате внедрения системы управления надежностью (рис. 7) организация получает ряд важных преимуществ, которые повышают ее конкурентоспособность:

- ▶ определение оптимального гарантийного периода и ожидаемых гарантийных затрат;
- ▶ определение оптимальных сроков профилактического технического обслуживания;
- ▶ оптимизацию требований, состава и потребностей в производстве запасных частей, что позволяет сократить объем хранимых запасов готовых запчастей и материалов для их производства, а также повысить точность производственного планирования;
- ▶ улучшение программ разработки и производства всех изделий на базе внедрения инструментов систематического анализа типов и причин возникновения отказов;
- ▶ снижение затрат, связанных с устранением последствий появления отказов, за счет улучшения возможностей их прогнозирования и ранней подготовки к ним;
- ▶ проектирование, основанное на надежности, на основе накопленной базы знаний, позволяющее уже на ранних стадиях разработки выбирать решения, наиболее оптимальные с точки зрения со-

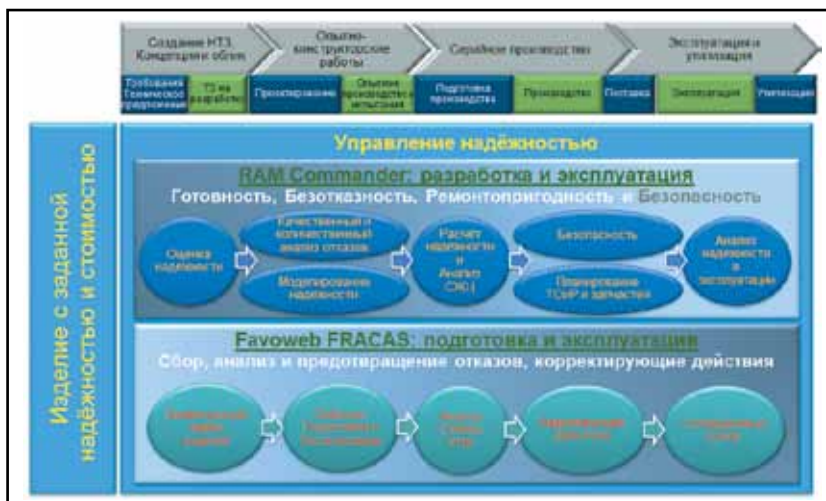


Рис. 7. Пример комплексного решения информационной системы управления надежностью

отношения “достижимая надежность/необходимые затраты”;

- ▶ расширенные возможности по изучению и детализированному анализу возможных видов отказов, в том числе комплексных;
- ▶ расширенные возможности по моделированию конфигураций изделия под заданную надежность с учетом резервирования компонентов;
- ▶ эффективное сокращение и устранение отказных ситуаций начальных периодов эксплуатации новых изделий, что повышает степень удовлетворенности клиентов и, следовательно, имидж производителя;
- ▶ эффективную оптимизацию значений проектных параметров надежности (безотказности, готовности, ремонтопригодности) за счет возможности выбора оптимальных конструкций с другими характеристиками продукта (стоимость, вес, объем, работоспособность, обслуживаемость, безопасность);
- ▶ переход на проектирование изделий с заданным уровнем надежности под заданный уровень стоимости жизненного цикла.

Резюме

Обобщая все вышесказанное, следует сказать, что управление надежностью может и должно стать новым драйвером перестройки производственных процессов отечественных предприятий, которое позволит реорганизовать корпоративную культуру, повысит организационную зрелость и обеспечит рост конкурентоспособности.

Компания “Борлас” предлагает достаточно полный набор инструментальных средств, направленных на обеспечение, поддержание и повышение надежности технических объектов в течение всех стадий их жизненного цикла, а также предлагает своим заказчикам возможности интеграции с системами управления данными, внедренческие и консалтинговые услуги.

Кирилл Федоров, руководитель отдела интегрированных логистических систем, департамент производственного консалтинга, компания “Борлас”

09–11 июня 2014 года в Москве
в гостиничном комплексе «Измайлово»
состоится XVII международная научно-
практическая конференция

ИБММ

09 – 11 июня 2014 года

«ИТ–БИЗНЕС В МЕТАЛЛУРГИИ, МАШИНОСТРОЕНИИ, ТЭК и ХИМИИ»

Организатор: компания «ИБММ.РУ»



В ходе проведения конференции 2013 года было установлено **пять любопытных достижений:**

1. в ней приняло участие 212 юридических лиц. Среди них **173** предприятия металлургии, горнодобывающего комплекса (ГДК), гражданского машиностроения, оборонного комплекса (ВПК), энергетики, нефтегазовой, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической и фармакологической промышленности и 39 IT - компаний;

2. **90 %** заводов были представлены IT-директорами и/или TOP-менеджерами;

3. в программу конференции оргкомитетом было отобрано **60 докладов**, причем около половины из них (**26**) составили доклады промышленных предприятий;

4. впервые в нашем форуме приняли участие 353 делегата;

5. было получено от участвовавших в ИБММ–2013 промышленных предприятий и IT-компаний **106 отзывов**.

С программой, подробным фотоотчетом, а также слайд-шоу и аудиозаписями всех 60 докладов ИБММ–2013 можно познакомиться на www.ibmm.ru/ОтчетИБММ.

Участники конференции: Ожидаются 300–350 TOP-менеджеров, руководителей IT - вертикали, а также руководителей и ведущих специалистов отделов ИТ, САПР, ВЦ, АСУ, АСУ ТП, АСУП, телекоммуникаций (связи), контроллинга, качества, метрологии, КИП, а также главные инженеры, главные энергетики и др. руководители 150–200 предприятий металлургии, ГДК, машиностроения, ВПК, энергетики, нефтегазовой, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической и фармакологической промышленности, трейдеры и потребители металла из России, Украины, Казахстана, Беларуси, Молдовы, Узбекистана, а также ведущие эксперты компаний - мировых и российских лидеров в области информационного, программного, консалтингового, интеграционного, телекоммуникационного, компьютерного, ИТ-аутсорсингового и технического обеспечения промышленных предприятий.

До скорой встречи на ИБММ–2014!

Генеральный директор «ИБММ.РУ»,
Директор конференции, к.х.н. - Дмитрий Виницкий
(495)-544-19-57, +7-(916)-752-08-52 dmv@ibmm.ru

www.ibmm.ru