Плотников М.А.
plotnikov.michail@rambler.ru
Аспирант МГТУ «МАМИ»

Управление качеством в автомобилестроении. Как добиться реализации требований потребителя, заложенных на этапе планирования качества

В статье рассмотрены и проанализированы основные методы, направленные на обеспечение безошибочной реализации заложенных на этапе планирования качества требований, в конечной продукции автомобилестроительного предприятия.

После того как в ходе этапа планирования качества была определена концепция продукта, сформулированы детальные требования и выявлены наиболее приемлемые технические способы их достижения, необходимо предусмотреть комплекс мероприятий направленных достижение указанных требований. В ходе этапа управления качеством необходимо отследить и устранить возможные ошибки, возникшие в ходе планирования, а также максимально безошибочно перевести требования в их физическую реализацию в будущем продукте. Также параллельно отслеживаются требования потребителей и если это необходимо, вносятся изменения. Как правило, данные мероприятия проводятся перед началом физического проектирования вплоть до серийного производства.

Анализируя опыт отечественных производителей автомобилей, следует отметить, что часто ошибки, допущенные на данном этапе, не позволяют должным образом реализовывать очень привлекательные идеи, заложенные в ходе планирования новой продукции и в последствии являются серьезной причиной снижения или отсутствия привлекательности продукции. Данные ошибки являются следствием не до конца отлаженного процесса по переводу технического задания полученного в ходе этапа планирования, в будущую конструкцию и в конечном итоге в технологию производства нового продукта [6, 7, 8, 9, 10, 14, 15]. Часто на предприятия не достаточно хорошо отлажена взаимная коммуникация, которая позволяет учесть особенности всех задействованных подразделений начиная от дизайнеров, конструкторов, технологов и заканчивая отделы финансов и сбыта. Не редко случается, что даже если требования потребителя были оптимально описаны на этапе планирования качества, на этапе управления про многие из них забывают или не уделяют должного внимания, так как инициатива перешла в руки другой команды. При разработки технологии не всегда проводится глубокий стоимостной анализ и оценка альтернативных решений. Часто не достаточно в полном объеме и не правильно проводятся испытания продукта в целом и отдельных его элементов.

В данной статье хотелось бы осветить ряд методик, которые позволяют выстроить процесс управления качеством и максимально безошибочно

реализовывать требования потребителя в конечной продукции, заложенные на этапе планирования качества.

Анализ видов и последствий потенциальных отказов (FMEA)

Анализ видов и последствий потенциальных отказов (FMEA) – методика, предназначенная для анализа потенциальных отказов в изделии или процессе и выработки способа их устранения на стадии их разработки [3]. Данная методика находит во всем мире все большее распространение и уже является неотъемлемой частью методологического аппарата в любой автомобильной компании с мировым именем [1].

Основная цель этого метода – на ранней стадии проанализировать продукт или процесс и определить возможные отказы и их последствия, для того чтобы улучшить качество и себестоимость продукции. Это позволяет достичь внутренних целей предприятия, применяющего FMEA [11]:

- усовершенствование системы защиты от брака;
- снижение процента недоработок (несоответствий, брака) при начале серийного производства;
- снижение затрат;
- снижение сроков подготовки к серийному производству;
- улучшение внутренней коммуникации.

Различают следующие формы FMEA:

Системна. *И*сследуются взаимосвязи отдельных компонентов на самой ранней стадии разработки

Конструкционная. На стадии создания конструкторской документации исследуются отдельные конструктивные элементы (компоненты, детали).

Процессная. Производится на стадии планирования производства и включает анализ отдельных этапов производственного процесса.

Все эти три формы не изолированы друг от друга, между ними существует методическая взаимосвязь. Так системная форма является исходной точка для конструктивной, которая потом является основой для процессной формы.

Последовательность и основы проведения FMEA-анализа демонстрирует рис. 1 [3]:

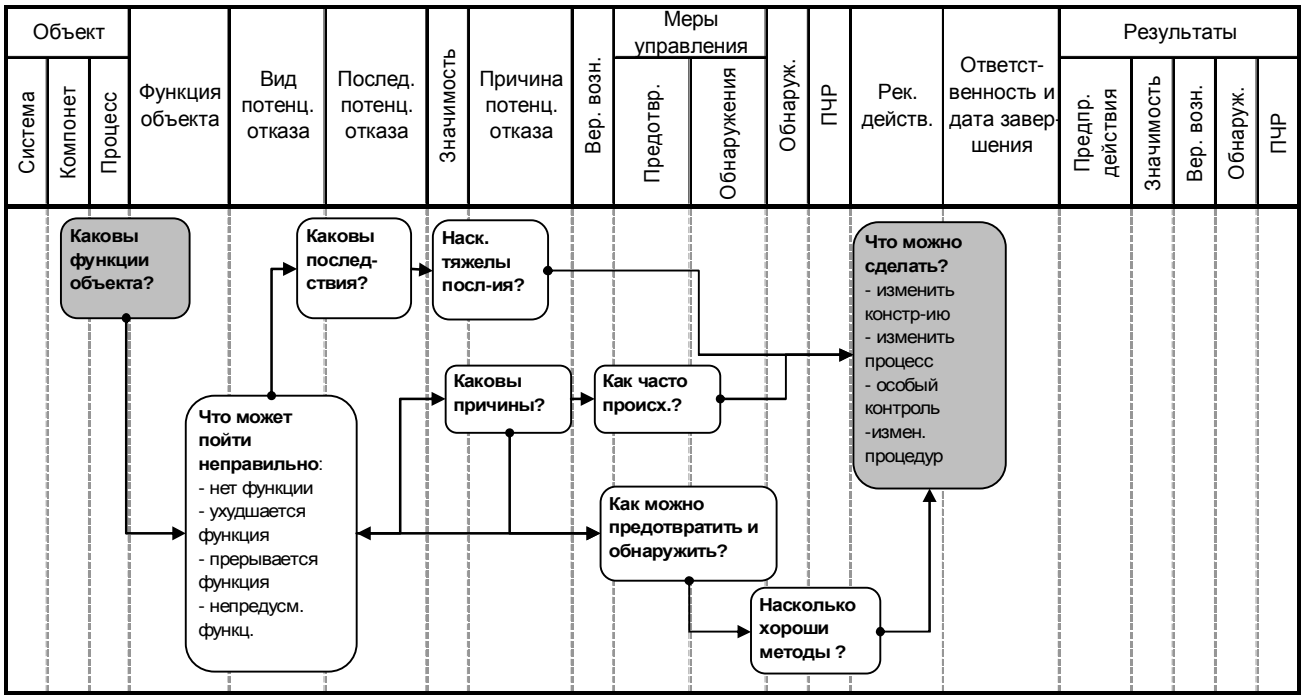

Рисунок 1. Последовательность процесса анализа объекта потенциальных видов и последствий отказов [3]

Процесс проведения анализа можно описать в следующих пяти шагах:

1. В рамках подготовки и планирования анализа производится постановка задачи, и соответствующих целей, выбирается команда и устанавливаются сроки.
2. Анализируются и оцениваются потенциальные отказы, определяют возможную их причину, оценивают последствия.
3. После изучения текущего состояния и сравнения его с планируемым прорабатываются мероприятия по модернизации конструкции
4. Производят оценку различных вариантов модернизации с точки зрения затрат и технического исполнения. При этом в рамках отдельного FMEA для ранжирования проблем конструкции, можно использовать суммарный показатель, т.н. «приоритетное число риска» (ПЧР):

   ПЧР = (Значимость) х (Вероятность возникновения) х (обнаружение)
5. Определяют ответственных лиц и сроки для контроля реализации запланированных мероприятий.

В ходе проведения FMEA-анализа, стоит отдельно отметить значимость ключевых параметров конструкции – параметров определяющих работу всего изделия и часто влияющих на характеристики безопасности продукта (герметичность привода тормозов и максимальное давление, которое они выдерживают, прочность конструкции привода

стеклоочистителей и пр.). Данные параметры должны быть формализованы в ходе этапа конструирования и помечены особым значком и далее им должно уделяться особое внимание на дальнейших этапах [7, 12]. Стоит отметить, что понятие ключевых параметров является новым для нашей технической культуры. В отечественной нормативной документации (ЕСКД, ЕСТД и др.) нет требований по их установлению и формализации, все параметры являются одинаково важными, однако на практике это приводит к размытию приоритетов при изготовлении изделий.

Так же стоит отметить важность составления так называемого плана управления, который отражает предусмотренный процесс слежения в производстве за ключевыми характеристиками и предусматривает действия при отклонении от планируемых показателей [7].

Планирование экспериментов по Тагути

Если качественные характеристики и целевые параметры будущего продукта и процессов определены, необходимо обеспечить такое протекание разработки продуктов и технологии изготовления, при котором данные целевые значения будут выдержаны. Превентивные методы планирования экспериментов, разработанные японским ученым Генити Тагути, позволяют предотвратить возникновение потенциальных несоответсвий. Метод преследует цель оптимизировать конструкцию и процессы таким образом, чтобы они стали устойчивыми (робастными) к факторам помех (параметры, которые вызывают флуктуации выходных характеристик изделия – изменение климата, старение материалов и пр. [2]). В рамках данной методики результат достигается не за счет случайного попадания в цель, а с помощью планирования эксперимента с использованием статистических методов. В ходе чего производится системный выбор, проведение и оценка серии экспериментов, при этом определяется такое соотношение параметров, когда выходные характеристики остаются стабильными, несмотря на факторы помех. Метод позволяет ответить на вопрос – «как измениться выходной параметр (характеристика качества) продукции, если вместо материала А применить материал Б?» или «как измениться выходной параметр (характеристика качества), если вместо параметра процесса А выбрать Б?» Для усовершенствования процесса проведения экспериментов и обработки их результатов рекомендуется использовать ортогональные матрицы и дисперсионный анализ [13].

Также интересна концепция Тагути, известная под названием «функция потерь качества». Тагути обратил внимание на социальные потери наносимые изделием. По Тагути «качество – это потери, которые наносит общество с того момента, как изделие отправлено покупателю» Так в отличие от традиционного подхода, где изделие считается годным, если попадает в поле допуска, концепция Тагути базируется на подходе, что любое отклонение от заданных характеристик – это есть потери потребителя

и они могут быть выражены в денежном эквиваленте (через гарантийные расходы, затрат на диагностику, обработку рекламаций, потерю имиджа предприятия, рис. 2).

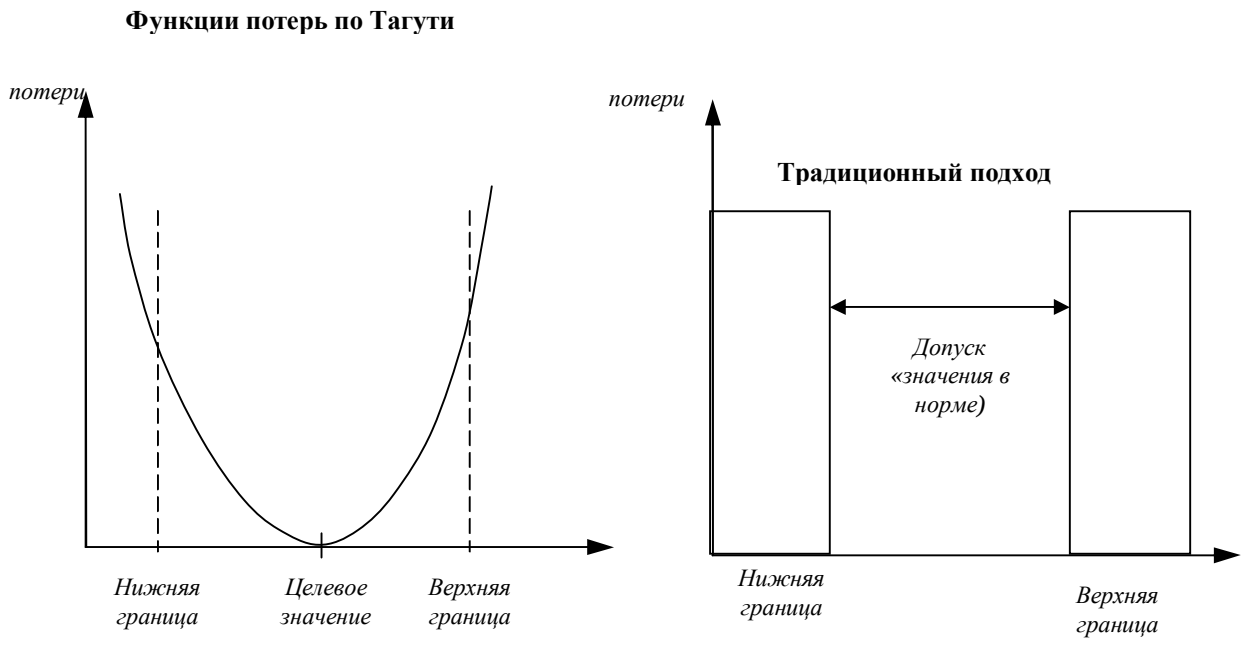

Рисунок 2. Функция потерь качества Тагути и традиционный подход, основанный на допусках [13]

Это создает возможность гораздо более тонко оценивать и регулировать производственный процесс. С помощью функции потерь и серии спланированных экспериментов можно достичь такого значения управляющих параметров, при котором будет максимально близко достигнуто целевое значение даже при воздействии факторов помех. Широкое практическое применение методы Тагути получили на японских предприятиях, немногочисленные примеры применения метода в России нашли освещение в специализированных публикациях [1, 13].

Среди недостатков методов Тагути можно отметить не вполне прозрачную схему создания плана экспериментов, положенного в основу методики, а также применяемую методику по совместному исследованию управляющих параметров и параметров помех, которые часто могут оказывать серьезное влияние друг на друга, делая ход процесса не всегда прозрачным. Кроме того, не всегда можно точно определить возможные значения факторов помех [21].

Метод «исключения» ошибок (Poka Yoke)

Система Poka Yoke разработана японским исследователем Ш. Шигео в начале 60-х годов. Основная цель системы – исключить возможность возникновения случайных ошибок (перепутать, забыть, поменять и пр.) в процессах, которые зависят от человеческого фактора за счет соответствующей организации рабочего пространства, протекания операций и конструирования продукции [5]. Тем самым мероприятия по исключению

возникновения ошибок производятся непосредственно на источники их возникновения.

Типичными способами «избавления» процесса от ошибок может быть:

- нанесение маркировки на взаимосвязанные сборочных единицы, чтобы избежать ошибок при сборке;
- конструирование деталей таким образом, чтобы при их сборке можно было их установить только правильным способом и в правильной последовательности.

Основная область применения методики – производство, однако она требует вмешательства в конструкцию уже при ее проектировании. Методику можно рекомендовать в качестве одного из инструментов в ходе проведения FMEA-анализа. Как правило, применение методики обходится значительно дешевле результатов последствий ошибок, которая она устраняет.

Современные способы макетирования

В ходе разработки, фаза создания прототипа является одной из самых важных. Прототип является физической реализацией тех качественных характеристик, которые закладываются еще при планировании и, исходя из традиционного подхода к разработке продукции, прототип очень близок к будущему серийному продукту. В сегодняшних условиях жестких требований рынка, традиционный подход к созданию прототипа сопряжен с серьезными проблемами, так как он позволяет продемонстрировать рынку автомобиль и узнать его реакцию на той стадии, когда возможны только очень незначительные изменения. В этой связи в мировой практике появились другие, более приспособленные к рыночной действительности, методы.

1. Быстрое макетирование

Позволяет продемонстрировать потенциальным клиентам возможные варианты продукции и ее компонентов на значительно более ранней стадии. В данном случае имеется в виду более быстрое создание прототипа за счет использования новых технологий – современного оборудования позволяющего создавать образцы на основании CAD-данных, а также применения методов синхронного инжиниринга, что позволяет создавать образцы со значительно большей скоростью. Стоит отметить, что данный метод работает наиболее эффективно, когда на предприятии доступны стандартные элементы конструкций, используемые в новом изделии [22].

Цифровое макетирование

Следующим шагом является цифровое макетирование, которое за счет использования инженерных методов компьютерного проектирования (CAE – методы) основанных на цифровых моделях, позволяет анализировать и оптимизировать конструкцию еще на ранней стадии разработки не прибегая к физическому созданию макета. При этом минимизируются потенциальные

риски получить в серийном образце многих дефектов, а также сокращается необходимость производить множество затратных испытаний.

Виртуальная реальность

Виртуальная реальность – дальнейшее развитие цифрового макетирования, представляет собой трехмерный интерфейс, связывающий будущий автомобиль и его разработчика. Взаимодействие с виртуальной реальность максимально приближено к действительности за счет воспроизведения стерео изображения, звука, воздействия на органы чувств через специальный шлем, стереоэкран и специальные сенсорные перчатки или другие манипуляторы. Базируясь на трехмерных CAD-данных с помощью данной технологии можно на самых ранних стадиях наглядно оценить актуальный статус работ по проектированию, максимально быстро внести изменения в конструкцию, а также провести оценку реакции потребителя. С помощью математического аппарата системы можно оценить основные показатели по прочности, функциональности, эргономичности [22]. Также можно произвести оценку легкости сборки изделия и оптимизировать ее последовательность. Кроме того, в самых современных системах стало возможным проводить виртуальные краш-тесты автомобилей и их систем.

Данная технология на сегодняшний день является самой перспективной и уже сегодня многие автопроизводители заявляют, что переходят на полностью компьютерную разработку автомобилей. Для введения данных технологий на пути у отечественных производителей стоит ряд трудностей среди них: отсутствие данных в цифровом формате, отсутствие данных в 3D-формате, неструктурированность данных, низкое качество данных или отсутствие качественных конструкций, отсутствие 3D библиотек базовых элементов конструкций.

Дизайн-ревю и натурная демонстрация

Дизайн-ревю (Design Review)

Для систематической проверки результатов разработки в отношении выполнения требований по качеству и выявлению возможных ошибок, в отношении дизайна проводят специальные демонстрации – дизайн-ревю. Цели демонстрации дизайна следующие:

- подтверждение того, что продукт соответствует требованиям потребителя и производителя

- повышение качества продукции;
- сокращение производственных рисков;
- сокращение вариантов дизайна;
- уменьшение времени разработки.

В ходе проведения демонстрации определяются целевые базовые параметры автомобиля, которые потом переходят в процесс разработки, и далее относительно их сравнивают достигнутые параметры.

При формировании команды для дизайн-ревю важно привлекают не только непосредственно людей вовлеченных, но и представителей смежных подразделений, которые будут задействованы в будущем (конструктора, технологи, маркетологи, продавцы и пр.), а также, возможно, потребителей.

Натурная демонстрация (Car-Clinics)

На стадии управления качеством, чтобы избежать ошибок при дальнейшей разработки и убедиться в правильности выбранного пути, необходимо продемонстрировать потенциальным потребителям концепт будущего автомобиля в физическом или виртуальном виде. Для этого служит, уже ставшая нормой в автомобильной индустрии, *натурная демонстрация* (car-clinics). Демонстрация проводится с целью ответить на следующие вопросы:

- Как оценивают опрашиваемые внешние и внутренние стилевые решения в сравнении с представленными конкурентами?
- Как оценивают потребители новые конструктивные решения для отдельных элементов?
- Какова общая реакция от автомобиля у клиентов и как они оценивают успех продукта?

Для того чтобы ответить на все эти вопросы в режиме строжайшей секретности, концепт выставляют в окружении потенциальных продуктов конкурентов. В зависимости от постановки вопросов необходимо пригласить от 500 до 1000 потенциальных потребителей [19].

Среди недостатков данного подхода стоит отметить то, что, как правило, выставляемый на суд потребителей автомобиль уже представляет собой предсерийный образец. При этом возможны только совсем небольшие косметические изменения в некоторых элементах, таких как дизайн решетки радиатора, бамперов, зеркал, молдингов. Также стоит отметить, что данное исследование достаточно дорого и трудоемко, кроме того, существует риск разглашения информации.

Для более эффективного использования данного метода может быть рекомендовано, использовать его на более раннем этапе создания концепта. Демонстрируя при этом общий дизайн, отдельные крупные части автомобиля – элементы экстерьера, панель приборов, сиденья, и пр. При этом можно использовать как физический макет, так и виртуальную модель или рисунок. Согласно результатам немецких исследователей [124] реакция на демонстрацию в натуральном виде и с использованием виртуальных моделей или фотографий совпадала. Единственное, что не позволяет передать

виртуальная демонстрация – это тактильные ощущения от материалов, чувства пространства.

Управление внесением изменений

Существует значительная вероятность, что в ходе процесса разработки в разрабатываемый продукт или процессы потребуется вносить изменения. Все основные характеристики, начиная от качества продукции процессов и заканчивая конкурентоспособными ценами, уровнем расходов, развитие инноваций - все это влияет на конкурентоспособность предприятия и требует постоянной оценки относительно рыночной среды и высокой гибкости предприятия по улучшению этих ключевых параметров. Быстрая и гибкая реакция на изменившиеся потребности потребителей является одним из ключевых факторов успеха предприятия. Кроме того, существует также постоянно изменяющиеся законодательные требования, требования норм и стандартов. Все это заставляет предприятие иметь механизм, который позволяет быстро и эффективно вносить изменения в процессы предприятия и в разрабатываемые продукты.

Процесс управления изменениями не носит эпизодический характер, а представляет собой системный процесс, который сопровождает работу по созданию новой продукции, к которому прибегают в каждом случае необходимости внесения изменений. В теории и практике используют различные подходы к управлению изменениями от достаточно гибких до очень формальных, все они получили значительное освещение в современной литературе [16].

В случае, когда на предприятие процессы формализованы, первым делом заявка на изменения рассматривается с точки зрения ее влияния на затраты, сроки, производство, а также насколько она технически влияет на конструкцию изделия, на отдельные сопряженные детали автомобиля, а уже потом она или принимается или откланяется. После этого следует процесс реализации со всеми вытекающими стадиями: планирование, осуществление, управление и контроль. Если же речь идет о небольших изменениях, при которых риск достаточно небольшой, можно гибко подходить к таким изменениям и опустить множество формальных стадий с описанием и одобрением заявки.

Оптимальный путь к осуществлению изменений зависит от конкретного проекта и конкретной ситуации, но в любом случае, основной принцип, который необходимо соблюдать, это то, что процесс изменений должен носить не формальный бюрократический, а системный конструктивных характер.

Библиографический список

1. Адлер Ю.П. Статистический контроль – условие совершенствования качества продукции (о методах Г. Тагути и их применении) // Автомобильная промышленность США, №11. 1987.
2. Адлер Ю.П., Горский В.Г. Планирование промышленного эксперимента для обеспечения качества продукции // Курс на качество, №3, 1992.
3. FMEA. Анализ видов и последствий потенциальных отказов. Справочное руководство. Перевод с англ. – Н. Новгород: СМЦ «Приоритет», 2003.
4. Лапидус В.А. Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях / Гос. ун-т управления; Нац. фонд подготовки кадров. М.: ОАО «Типография Новости», 2000.-432 с.
5. Михайлова Е.А. Основы бенчмаркинга: эволюция концепций качества. // Менеджмент в России и за рубежом №2. 2001
6. APQP. Перспективное планирование качества продукции и план управления. Перевод с англ. – Н.Новгород: ООО СМЦ «Приоритет», 2004. – 128 с.
7. Розно М.И. От "голоса потребителя" до "производства без проблем". Н. Новгород. ООО СМЦ "Приоритет". 2005. - 38 с.
8. Розно М.И. Проектирование: с FMEA или без? / Стандарты и качество, № 9, 2001
9. Розно М.И. Откуда берутся «неприятности»? / Стандарты и качество. №11, 2002.
10.Розно М.И., Шинко Л.В. Пора заняться техпроцессом. / Н. Новгород, СМЦ «Приоритет», 2004. – 39 с.
11. Розно М.И. Как научиться смотреть вперед? Внедрение FMEA-методологии // Методы менеджмента качества. - 2000. - № 6.
12. Розно М.И. Проектирование: с FMEA или без? // Стандарты и качество, № 9, 2001
13. Управление качеством. Робастное проектирование. Метод Тагути. Пер. с анг. – М.: «СЕЙФИ», 2002.
14. Рубаник Ю.Т. Путь качества как национальная идея России / Материалы VIII Международной конференции «Развитие через качество. Теория и практика» - Тольтти, 2003.
15. Шестаков А.Л. Особенности национального менеджмента / Стандарты и качество, №№ 10 – 11, 1999.
16. Эстер Кемерон, Майк Грин. Управление изменениями. Добрая книга. 2006. 360 стр.
17. Erdmann, A.: Neue Chancen durch Virtual-Reality-unterstuetzte Car Clinics, in: Planung & Analyse, 1996, Nr. 5, S. 46-51
18. Haist, F./Fromm, H.: Qualität im Unternehmen: Prinzipien – Methoden – Techniken, München, Wien 1989.
19 . Jutta Schwarze.: Kundenorientiertes Qualitaetsmanagement in der Automobilndustrie. DUV GmbH, Wiesbaden, 2003.
20. Masing, W.: Das Unternehmen im Wettbewerb, in: Masing, W. (Hrsg.)^ Handbuch Qualitaetsmanagement, 4. Aufl., Muenchen, Wien 1999.
21. Pfeifer, T. Qualitaetsmanagement: Strategien, Methoden, Techniken, 2. Aufl., Muenchen, Wien 1996.
22. Scweer, G. et. al.: Digital Mock-UP und Virtual Reality – Wege zur innovativen Produktentwicklung bei VOLKSWAGEN, in: VDI (Hrsg.): Systemenngineering in der Kfz-Entwicklung, VDI Tagung 1997