

УДК 65.011

## АВИАСТРОЕНИЕ КАК ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНАЯ СИСТЕМА: НАПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

© 2014 О.Ф. Соколова

Ульяновский государственный технический университет

Поступила в редакцию 06.11.2014

В статье рассматриваются направления сокращения затрат на авиастроительном предприятии.

Ключевые слова: синергетика, менеджмент качества, робастное проектирование, сокращение потерь

К концу XX века слияние разработок в различных областях науки привело к появлению синергетики. Синергетика (от греч. *synergeia* — сотрудничество, содействие, соучастие) — междисциплинарное направление научных исследований, в рамках которого изучаются общие закономерности процессов перехода от хаоса к порядку и обратно (процессов самоорганизации и самопроизвольной дезорганизации) в открытых нелинейных системах физической, химической, биологической, экологической, социальной и др. природы [1]. Определение термина «синергетика», близкое к современному пониманию, ввёл Герман Хакен в 1977 г. в своей книге «Синергетика» [2]. В 1775 г. вместе с паровым двигателем и другими инновациями, положившими основу Промышленной революции, был запущен механизм, который заставил развиваться научно-техническую мысль со скоростью, растущей от десятилетия к десятилетию в геометрической прогрессии. Это привело к ускорению и самого темпа жизни.

Увеличение быстроты наступления событий (любой природы) требует такого же или более быстрого реагирования. Вот почему на сегодняшний день в условиях мировой конкуренции сложилась ситуация, когда выживают только те системы, которые обладают синергетическими свойствами, ставшими своего рода «генетической памятью», позволяющей снижать уровень вероятностного характера процессов. Особенно эта проблема актуальна для сложных производственных отраслей, одной из которых является авиастроение. В эпоху Советского Союза, чтобы ускорить внедрение новой конструкции и/или технологии в этой области, то есть автоматически «Обогнать весь мир (и в первую очередь

США)» (см. решения XX и XXI съездов КПСС) [3], использовался достаточно простой способ: собирались все силы страны, невзирая на затраты, и по аналогии с популярными сейчас методиками решения проблем достигали результата в кратчайшие сроки. Рынок заставил «образмеривать» достижения через экономический эффект. К этому первыми пришли японцы, что, на взгляд автора, и породило «Японское чудо» — стремительный рост японской экономики, позволивший стране, перенесшей один из самых страшных ударов прошлого столетия, за три с половиной десятилетия достигнуть второго места в мире, уступив только США. К концу XX века экономический метод оценки деятельности любой организации стал основополагающим, а японские концепции и технологии, такие как TQM (Total Quality Management), LP (Lean Production) и др., прочно вошли в инструментарий построения эффективного бизнеса.

Как же превратить авиастроение в экономически целесообразную систему? На первый взгляд подобная задача не имеет решения, особенно на проектной стадии. Если вспомнить историю, авиация и космонавтика всегда были передовиками научно-технического прогресса. Сегодня их роль остается прежней. Все инновационные идеи изначально требуют именно денежных вложений (за которыми уже следуют остальные затраты), а отдача от них, если и наступает, то часто требует длительного периода ожидания. Производство и испытание летательных аппаратов также невозможно сделать дешевыми. Но возможно сделать экономичным, то есть целесообразным по затратам.

Таким образом, экономия возможна только за счет придания сложной системе создания летательных аппаратов, объединяющей все стадии от технического задания до производственного выпуска, синергетических свойств. Следуя идее, озвученной в рамках TPS (Toyota Production

Соколова Ольга Федоровна, кандидат технических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой «Экономика, управление и информатика». E-mail: sokof1407@rambler.ru

System – Производственная система Toyota), ставшей затем основой концепции LP (Lean Production – Бережливое производство), **необходимо снижать непроизводительные затраты**, то есть те, которые не добавляют ценность конечному продукту, но могут увеличить себестоимость. Т.Оно выявил *семь видов потерь* [4], определяющих направления действий для решения поставленной задачи:

1. Дефекты (некачественная продукция – брак, неверная информация, переделки продукции на стадии производства, инспектирование брака);
2. Запасы (любые материалы в рабочей зоне, кроме нужных срочно для следующей операции);
3. Движение людей (любое излишнее перемещение людей там, где можно организовать процесс иначе);
4. Перемещение материалов (любое излишнее перемещение материалов, использование погрузчиков и специальных видов транспорта там, где можно организовать процесс иначе);
5. Ожидание (любые простои в движении предметов труда внутри производственного процесса);
6. Излишняя обработка (исправление ранее созданных дефектов, операции, усложненные из-за несоответствия деталей или инструмента);
7. Перепроизводство (создание заделов на операциях с высокой вероятностью брака, производство излишков в рамках технологии процесса).

Эти потери можно разделить на две группы по основным причинам, их вызвавшим. В первую группу в этом случае войдут потери, возникающие на базе несоответствия результата процесса предъявляемым требованиям, то есть их первопричина – брак (здесь под «браком» подразумевается любое отклонение от заданных требований, как исправимое, так и нет). Это позиции 1, 2, 6 и 7. Вторую группу составят потери, возникающие из-за нерациональной организации производства (позиции 2-5, 7). При этом второй и седьмой вид потерь в зависимости от их состава могут относиться как к первой, так и ко второй группе.

Рассмотрим способы снижения затрат авиастроения за счет сокращения количества брака, который в этой области уступает по «дороговизне последствий и исправления» только медицине. Многие из предлагаемых к использованию методов известны как инструментарий LP и других популярных на сегодня концепций организации производства, другие же описаны советскими авторами [5]. Причиной брака может стать любая из *четырёх составляющих производственного процесса*:

- персонал;
- материалы;

- технология;
- оборудование.

Самым распространенным методом достижения качества относительно них всех является контроль «на входе». Это действительно, современно (в плане «предупреждать, а не исправлять»). Но менеджмент качества сегодня – это не только контроль, а целый комплекс методов. Рассмотрим их отдельно по перечисленным составляющим производства.

**Персонал.** Здесь для предотвращения брака могут быть использованы как социально-психологические, так организационно-распорядительные методы. При этом следует учитывать, что наиболее популярный метод – материальное стимулирование – должен применяться с особой осторожностью. Во-первых, из-за значительного искажения его сути. На вопрос автора «Как материально стимулировать качество?» более 80% респондентов отвечали: «Дать премию». Далее задавался вопрос: «А за что тогда платить зарплату?». Ответ вызывал затруднения. По этому простому исследованию можно сделать вывод, что само наличие заработной платы не определяет будущее качество в сознании персонала. Во-вторых, справедливость уровня материального вознаграждения относительно ожидания работника и сравнительной оценки с вознаграждением сослуживца чаще может стать источником именно брака, а не качества. В-третьих, желание получить деньги приводит к сокрытию случаев несоответствия, при этом переход от операции к операции увеличивает последствия дефекта. Таким образом, материальное стимулирование должно использоваться, но не быть основополагающим методом в управлении качеством.

Продолжая тему мотивации, следует отметить, что организационно-распорядительные методы должны акцентироваться на высоком качестве административных (нормативных) документов, грамотном нормировании труда и справедливости системы оценки результатов труда. Первое позволяет четко видеть задачу, стоящую перед исполнителем любого уровня образования. Второе устраняет такой сильно влияющий на качество результата фактор как усталость исполнителя, возникающий при увеличении нагрузки. Третий визуализирует цепочку «усилия – результаты», что повышает удовлетворенность трудом и создает уверенность в значимости конкретного исполнителя в общей деятельности организации. Все эти факторы отдельно и в совокупности переводят результат процесса на другой уровень ответственности. Это можно проиллюстрировать примером Ф. Кросби [6], достаточно ответить на два вопроса:

- Какое количество брака Вы допускаете в своей работе?

– Сколько раз, неся ложку к своему рту, Вы попадаете в чужой?

Ответы как раз и характеризуют уровень ответственности за качество. Однако не следует забывать идею, озвученную С. Синго в рамках системы «Рока-Уоке» [7], а затем вошедшую как один из принципов в систему  $6\sigma$ : человек имеет право на ошибку – в этом и заключается его человеческая сущность. Задача менеджмента качества состоит в том, чтобы отделить ошибку от дефекта, а соответственно от затрат на его исправление. Например, за счет уже отработанных методик из арсенала РУ. В нашей стране эта система не является особо популярной, так как управленцы старой школы видят в ней лишь статью затрат. Безусловно, это затраты, но входящие в группу превентивных мероприятий, то есть направленные именно на экономию в будущем. Кроме того, не стоит забывать, что сам С. Синго усложнял свою инженерную задачу ограничением по стоимости любого устройства РУ – не более 10\$.

Перейдем к следующим трем составляющим производственного процесса. Здесь возникает вопрос об ограниченности действий по предотвращению дефектов. Проверили качество материала, соответствие технологии, готовность оборудования на входе и выходе, что можно сделать еще? А если результат не соответствует требованиям, то почему? Можно утверждать: такая ситуация возникает в связи с тем, что система создания летательного аппарата чаще строится по функциональному признаку, особенно на стадии проектирования. Функциональный подход ориентирован, прежде всего, на степень выполнения запланированных действий. При процессном подходе главным показателем результативности деятельности является степень достижения запланированного результата [8]. Пример: стоит задача «Использовать новый материал / станок (и т.д.), как самый современный и (априори!) высококачественный». При функциональном подходе разработчик «втискивает» этот материал / станок в производство и отчитывается о проделанной работе. А вдруг это изначально были не те материалы, технологии, оборудование, которые требовались для достижения поставленной цели? Процесс напротив жестко привязан к «выходу», т.е. результату выполнения. Поэтому процессный подход – это не «модный тренд», заявленный ISO 9000, а условие закладки синергетического эффекта в производственную систему.

Но необходимо не только достигнуть требуемой степени результата. Также надо правильно задать требование. В реальности требование задает конструктор или технолог, а воплощает его оператор процесса. При этом заданный диапазон допустимых значений результата

не всегда совпадает с возможностями выхода процесса. Задание, а соответственно и достижение, возможного к реализации и удовлетворяющего требования интервала значений выходных характеристик процесса возможно за счет робастного проектирования.

Робастность (Robustness) – в математической статистике устойчивость оценки к наличию в данных аномальных значений или к нарушению предположений, ограничивающих применение соответствующего статистического метода [9]. Робастное проектирование позволяет еще на первичной стадии жизненного цикла продукта заложить в него устойчивость к возможным колебаниям производственного процесса, как внутренним, так и к внешним. Чем меньше вариабельность процесса, тем выше вероятность получения на выходе требуемого значения показателя качества. Робастное проектирование в менеджменте качества прочно связано с именем Г. Тагути. В рамках концепции «инжиниринга качества» он предложил вместо постоянного совершенствования спроектированных процессов («кайдзен» в глоссарии LP) встраивать качество сразу, то есть условно развернуть круг Деминга на сорок пять градусов по часовой стрелке. Он разработал методику промышленного эксперимента на основе ортогональной матрицы, когда все возможные сочетания составляющих будущего производственного процесса сводятся до нескольких значимых вариантов, по которым и проводятся экспериментальные исследования с целью выбора наиболее оптимального для заданных условий варианта. В этом случае существенно сокращаются затраты на проектирование, а процесс получает свойства устойчивости.

Для авиастроения использование методики промышленного эксперимента на основе ортогональной матрицы должно стать необходимым и обязательным инструментом сокращения затрат по устранению дефектов. Также робастность может быть заложена в процессы через другой известный и доказавший свою эффективность метод – «Анализ последствий и причин отказов» (FMEA - Failure Mode & Effect Analysis). FMEA-анализ представляет собой технологию анализа возможности возникновения дефектов и их влияния на потребителя. Он проводится на стадии разработки продуктов и / или процессов с целью снижения риска потенциальных дефектов. FMEA-анализ включает следующие этапы [10]:

- 1) Построение моделей объекта анализа.
- 2) Исследование моделей. В ходе исследования моделей определяются: потенциальные дефекты для каждого из элементов компонентной модели объекта; потенциальные причины дефектов; потенциальные последствия дефектов для потребителя; возможности контроля появления дефектов.

3) Экспертный анализ моделей. Определяются следующие параметры: параметр частоты возникновения дефекта; параметр тяжести последствий для потребителя; параметр вероятности необнаружения дефекта; параметр риска потребителя.

4) Разработка корректирующих мероприятий. Выявляются компоненты объекта, для которых параметр риска потребителя будет больше 100... 120, и по ним разрабатываются корректирующие мероприятия. Последовательность направления корректирующих мероприятий:

4.1. Исключить причину возникновения дефекта. При помощи изменения конструкции или процесса уменьшить возможность возникновения дефекта.

4.2. Воспрепятствовать возникновению дефекта. При помощи статистического регулирования помешать возникновению дефекта.

4.3. Снизить влияние дефекта. Снизить влияние проявления дефекта на клиента или последующий процесс с учетом изменения сроков и затрат.

4.4. Облегчить и повысить достоверность выявления дефекта. Облегчить выявление дефекта и последующий ремонт.

5) Разработка плана внедрения и проведение корректирующих мероприятий.

После проведения мероприятий пересчитывается потенциальный риск. Если не удалось его снизить до приемлемых пределов, разрабатываются дополнительные корректирующие воздействия и повторяются предыдущие шаги. Следует отметить, что почти 20 лет назад был введен в действие российский ГОСТ 27.310-95 «Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения». Данный стандарт устанавливает порядок проведения и общие методические принципы анализа видов, последствий и критичности отказов (АВПКО) технических объектов всех видов. Стандарт применяют при разработке и производстве технических объектов, для которых соответствующими документами признано необходимым проведение АВПКО [11]. Наиболее существенное отличие FMEA-анализа от АВПКО заключается в более широком списке объектов, относительно которых он может применяться. Относительно же главного недостатка оба эти метода идентичны: они не предусматривают оценку экономических показателей, в том числе затрат, связанных с низким, качеством. Этот недостаток, казалось бы, должен автоматически «вычеркнуть» их из текста данной статьи. Но свойства научного исследования как синергетической системы позволяют «развернуть» результаты анализа, то есть не только выявить именно те дефекты, которые обуславливают наибольший риск для потребителя, определить

их потенциальные причины и выработать корректирующие воздействия до того, как эти дефекты проявятся и, таким образом, предупредить затраты на их исправление, но и просчитать стоимость их проявления. Таким образом, закладка робастности в комплекс «материалы – технология – оборудование» на стадии проектирования позволяет существенно снизить затраты на несоответствие качества.

Вернемся ко второй группе потерь, первопричиной которых можно назвать нерациональную организацию производственного процесса. Сегодня авиастроительным комплексам приходится сталкиваться с ситуацией, когда внедрение в производство нового продукта должно проводиться по так называемому «традиционному» размещению производственного процесса в пространстве». В этом случае новый поток запускается по уже установленному оборудованию, мобильность которого в данной отрасли очень низкая. Но так ли это? Или неспособность стапеля сместиться на полметра из-за высокой стоимости соответствующих работ – это стереотип мышления? Здесь вступает в действие логистика со своим подходом, составляющими которого являются принципы целесообразности и тотальных затрат. Метод принятия решения соответственно этим принципам очень прост: считаем затраты на работы по созданию комфортных условий движения нового производственного потока и соотносим их с потерями, которые возникают при отсутствии этих условий. Расчеты, проведенные в рамках дипломного проектирования под научным руководством автора, показали, что годовые потери могут приближаться к миллиону, а затраты на демонтаж – монтаж оборудования редко превышают двадцать тысяч. Здесь немаловажную роль играет привлечение исполнителей процесса к разработке решения по его совершенствованию.

Противникам иностранных технологий, которые при словосочетании «Бережливое производство» перестают слушать, можно возразить: рациональная организация производства была одной из сильных сторон промышленности СССР; она являлась обязательной дисциплиной в учебном плане подготовки инженеров. И хотя логистика как термин была исключена из советского глоссария, ее принципы, такие, как прямоточность, пропорциональность, ритмичность, параллельность стали основой организации производственных процессов. Разница только в том, что направление оптимизации в плановой экономике – цикл производства, а в рыночной – совокупные экономические затраты.

**Выводы:** рациональная организация всех процессов создания летательных аппаратов позволит существенно сократить соответствующие затраты. Совокупное же использование всего

инструментария менеджмента качества и логистики позволит превратить авиастроительное предприятие в синергетическую систему, обладающую способностью не просто приспособиться к меняющимся условиям функционирования, но и предупредить в своей реакции эти изменения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Философия: Энциклопедический словарь / под ред. А.А. Ивина. — М.: Гардарики, 2004. URL: [http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_philosophy/](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/) (Дата обращения 16.05.2014)
2. Хакен, Г. Синергетика. — М.: Мир, 1980. 406 с.
3. <http://histrf.ru/ru/lenta-vremeni/event/view/xx-siezd-kpss-doklad-khrushchieva-o-kul-tie-lichnosti-stalina> (Дата обращения 23.05.2014)
4. Оно, Т. Производственная система Тойоты. Уходя от массового производства. — М.: ИКСИИ, 2012. 194 с.
5. Тихомиров, В.И. Организация, планирование и управление производством летательных аппаратов: Учеб. для вузов. Изд. 2-е, перераб. и сокращ. — М.: Машиностроение, 1987. 496 с.
6. Кросби, Ф. Качество и я. Жизнь бизнесмена в Америке. — М.: РИА «Стандарты и качество», 2003. 264 с.
7. Сигео, С. Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства. Пер. с англ. (изд. 2-е, перераб.) — М.: ИКСИ, 2010. 312 с.
8. Горбунов, А.В. Практический менеджмент качества [Электронный ресурс]. Режим доступа : [www.pqm-online.com](http://www.pqm-online.com), (Дата обращения 06.06.2014)
9. <http://www.basegroup.ru/glossary/definitions/robustness/> (Дата обращения 17.06.2014)
10. [http://www.kpms.ru/Implement/Qms\\_FMEA.htm](http://www.kpms.ru/Implement/Qms_FMEA.htm) (Дата обращения 17.06.2014)
11. <http://vsegost.com/Catalog/93/9354.shtml> (Дата обращения 17.06.2014)

## AIRCRAFT MANUFACTURING AS ECONOMICALLY EXPEDIENT SYSTEM: WAYS OF CONVERSION

© 2014 O.F. Sokolova

Ulyanovsk State Technical University

The article focuses on the expenses reduction at aircraft enterprise.

Key words: *synergetics, quality, management, robust design, expenses reduction*

---

*Olga Sokolova, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor, Deputy Head of the Department  
"Economics, Management and Informatics". E-mail:  
sokof1407@rambler.ru*