

**Менеджмент качества, управление конфигурацией и интегрированная логистическая поддержка – взаимосвязь управленческих технологий**

Менеджмент качества, управление конфигурацией и интегрированная логистическая поддержка относятся к числу базовых, инвариантных CALS-технологий, которые находят применение в различных отраслях промышленности, разрабатывающих и выпускающих сложную наукоемкую продукцию. Несмотря на очевидные организационные, технические и методические различия этих технологий, между ними существует достаточно тесная взаимосвязь, раскрытию которой посвящен настоящий доклад. Суть этой взаимосвязи состоит в следующем.

1. Согласно стандарту ГОСТ Р ИСО 9001 – 2001 под качеством понимается, в первую очередь, максимальное удовлетворение требований потребителя, предъявляемых им к промышленной продукции. Для наукоемких изделий машиностроения эти требования весьма многообразны и представляются в виде  $N$ -мерного вектора

$$Rz = (r_1, r_2, \dots, r_N) \quad (1)$$

компонентами которого могут быть как количественные, так и качественные характеристики. Последние, как правило, можно метризовать посредством балльных оценок с учетом весовых коэффициентов значимости.

Фактические характеристики изделия, поставляемого потребителю, представляются также в виде  $N$ -мерного вектора

$$M = (m_1, m_2, \dots, m_N) \quad (2)$$

компоненты которого имеют тот же физический смысл, что и компоненты вектора  $Rz$ , и измеряются в тех же единицах. Для изделий, выпускаемых серийно  $M = \bar{M}$ , где  $\bar{M}$  - среднее значение вектора  $M$  по всему массиву выпущенных изделий. Меру удовлетворенности потребителя можно оценить нормой вектора разности  $Rz$  и  $M$ :

$$Q = \|Rz - M\| \quad (3)$$

Если предположить, что пространство, которому принадлежат векторы  $Rz$  и  $M$ , является евклидовым, что практически всегда имеет место, то

$$Q = \sqrt{\sum_{i=1}^N (r_i - m_i)^2} \quad (4)$$

В задачу системы менеджмента качества входит такое управление процессами ЖЦ, которое обеспечивает минимизацию величины  $Q$ :

$$Q \rightarrow \min \quad (5)$$

при выполнении ряда ограничений, в частности, ограничений на ресурсы, доступные производителю изделия.

В число требований, предъявляемых к наукоемким изделиям, практически всегда включаются требования, касающиеся надежности и ремонтпригодности. Показателем надежности (в аспекте безотказности) служит интенсивность отказов или обратная ей величина – среднее время между отказами (наработка на отказ). Показателем ремонтпригодности служит среднее время восстановления работоспособности изделия после отказа. В качестве обобщенного показателя, связывающего перечисленные выше, используют понятие коэффициента готовности. Эти показатели регламентированы соответствующими стандартами.

Обеспечение требуемых значений этих показателей и других компонентов вектора  $Rz$  сопряжено с организацией и выполнением специфических проектных и расчетных процедур, экспериментальных исследований, испытаний опытных образцов, а также с применением современных производственных технологий (в т.ч. технологий контроля) и рациональных методов эксплуатации, обслуживания и ремонта изделий. Иными словами, в обеспечение показателей качества изделия оказываются включенными практически все процессы его жизненного цикла (ЖЦ).

Система менеджмента качества призвана управлять процессами ЖЦ так, чтобы гарантировать достижение требований в отношении всех показателей, входящих в состав вектора  $Rz$ , а также предоставлять потребителю объективные доказательства их выполнения.

2. По определению, сформированному на основе ряда стандартов (ИСО 10007, MIL STD 2549 и др.), конфигурация - структура предполагаемого к разработке, разрабатываемого или существующего изделия, обладающая эксплуатационными, функциональными и физическими атрибутами (свойствами, характеристиками), отвечающими установленным требованиям, и отображаемая в различных информационных моделях, соответствующих стадиям ЖЦ этого изделия.

Соответственно, управление конфигурацией - управленческая технология, направленная на установление и поддержание соответствия эксплуатационных, функциональных и физических атрибутов (свойств, характеристик) изделия заданным требованиям (в т.ч. - требованиям заказчика) в процессе создания и преобразования информационных моделей этого изделия в течение его ЖЦ.

В процессе управления конфигурацией требования, сформулированные в контракте и/или техническом задании, преобразуются в технические требования к изделию и его основным компонентам, именуемым объектами конфигурации (ОК). При этом общие требования декомпозируются на группы таким образом, чтобы каждая группа была связана с одним из ОК. Такая декомпозиция позволяет осуществлять локализованный по основным ОК контроль за выполнением требований.

Математически постановка задачи об управлении конфигурацией может быть сформулирована в приведенных выше терминах с использованием выражений типа (1) – (5) со следующими различиями.

Компоненты векторов  $Rt$  технических требований и  $M$  фактических значений свойств изделия объединяются в группы:

$$Rt = \left[ \bigcup_{k=1}^K (r_i, r_j, r_l, \dots)_k \right] i, j, l, \dots \in \overline{1, N} \quad (6)$$

$$M = \left[ \bigcup_{k=1}^K (m_i, m_j, m_l, \dots)_k \right] i, j, l, \dots \in \overline{1, N} \quad (7)$$

В процессе управления конфигурацией величины  $Q_k$  вычисляются по выражениям (3), (4) для соответствующих групп компонентов, т.е. для ОК.

Поскольку управление конфигурацией предполагает систематическое внесение в информационные модели изделия и его ОК изменений, обеспечивающих соответствие свойств изделия заданным требованиям за счет минимизации величин  $Q_k$ , эта технология связана, в основном, с деятельностью разработчиков и проектантов. В некотором смысле управление конфигурацией можно трактовать как управление качеством в процессах проектирования. Если, к тому же, учесть, что к числу основных эксплуатационных и функциональных атрибутов относятся показатели надежности, ремонтпригодности и готовности, то становится очевидной тесная взаимосвязь технологий управления конфигурацией и менеджмента качества.

В некоторых организациях эта взаимосвязь оформлена организационно таким образом, что подразделение управления конфигурацией входит в состав службы менеджмента качества (пример – фирма EADS, г. Оттобрун, Германия).

3. Интегрированная логистическая поддержка (ИЛП) – совокупность управленческих технологий, направленная на минимизацию стоимости ЖЦ изделия и включающая:

- анализ логистической поддержки (АЛП) изделия и системы его эксплуатации, обслуживания и ремонта; результаты АЛП представляются в специализированной базе данных (БД АЛП);

- планирование и управление процессами технического обслуживания и ремонта (ТОиР) изделия;
- планирование и управление процессами материально-технического обеспечения эксплуатации и ТОиР;
- обеспечение персонала электронной документацией, необходимой для эксплуатации обслуживания и ремонта изделия.

При решении задач АЛП, перечень и содержание которых стандартизованы (MIL STD 1388 (США), DEF STAN 00-60 (Великобритания) и др.), в процессе проектирования изделия формируется обобщенный показатель, обозначаемый в зарубежных нормативных документах термином Supportability (пригодность к поддержке или, для краткости – поддерживаемость).

Показатель поддерживаемости (рис. 1) является комплексным параметром, зависящим от технических и организационных факторов, в том числе:

- от надежности изделия и его компонентов, измеряемой наработкой на отказ или средним временем между отказами (MTBF/Mean Time Between Failures);
- от средних затрат времени на ремонт (MTTR/Mean Time to Repair);
- от среднего времени восстановления (приведения в рабочее состояние) после отказа, характеризующего ремонтпригодность изделия (RST/Required Standby Time);
- от среднего времени между обслуживаниями (MTBMA/Mean Time Between Maintenance Actions);
- от среднего времени между заменами узлов и агрегатов (MTBR/Mean Time Between Removals);
- от требуемого уровня готовности (ROA/Required Operational Availability);
- от требуемого уровня обслуживания (RML/Required Maintenance Level);
- от требуемого уровня ремонта (LOR – Level of Repair) и т.д.

Поскольку перечисленные факторы являются сложными функциями конструктивных параметров изделия и системы организации его эксплуатации, можно утверждать, что поддерживаемость выражается неким функционалом от этих факторов:

$$S = F(MTBF, MTTR, RST, MTBMA, MTBR, ROA, RML, \dots) \quad (8)$$

т.е. числом, значение которого определяется видом и параметрами входящих в приведенное выражение функций.

В простейшем случае этот функционал может выражаться «взвешенной» алгебраической суммой входящих в него величин, например:

$$S = k_1 * MTBF - k_2 * MTTR - k_3 * RST - k_4 * MTBMA - k_5 * MTBR + k_6 * ROA \quad (9)$$

Здесь  $k_i$  – весовые коэффициенты, выполняющие также роль нормирующих множителей, приводящих все величины к одному порядку. Чем больше величина  $S$ , тем выше уровень поддерживаемости изделия. Знак минус перед отдельными членами выражения означает, что возрастание соответствующего фактора приводит к снижению уровня поддерживаемости. Возможны и более сложные формы функционала, точнее отражающие существо проблемы.

Кроме показателя поддерживаемости в процессе АЛП вычисляется стоимость ЖЦ -  $LCC$  (Life Cycle Cost). На основании известных методик определения величины  $LCC$ , можно предположить, что она функционально связана с показателем поддерживаемости:

$$LCC = \varphi(S) \quad (10)$$

На основе выражений (8) – (10) можно сформулировать две обобщенные постановки задач ИЛП:

- минимизация стоимости ЖЦ при выполнении ограничения по уровню поддерживаемости:

$$LCC \rightarrow \min \text{ при } S \geq S_0 \quad (11)$$

- максимизация показателя поддерживаемости при ограничении на стоимость ЖЦ:

$$S \rightarrow \max \text{ при } LCC \leq LCC_0 \quad (12)$$

Задачи (11) и (12) являются задачами математического программирования. Если для  $S$  справедливо выражение (9) и функция (10) линейна, то (11) и (12) – задачи линейного программирования.

В процессе проектирования для решения сформулированных выше задач используются данные о свойствах и характеристиках изделия – прототипа и его компонентов, а на последующих стадиях ЖЦ – те же данные, собираемые в процессе эксплуатации уже изготовленного изделия. На основе последних результаты предварительного решения задач АЛП уточняются и корректируются. Все эти данные хранятся в БД АЛП и извлекаются из нее по мере необходимости.

В ходе АЛП на разных стадиях ЖЦ на основе показателей надежности, ремонтпригодности и готовности решаются, в частности, следующие важные прикладные задачи:

- определение оптимальной номенклатуры и количества запасных частей и расходных материалов;
- определение потребной численности персонала ( с распределением по профессиям и уровню квалификации);
- оценка оптимальных периодичностей выполнения процессов ТОиР по критерию минимума затрат при ограничениях по показателю готовности;
- распределение работ по ТОиР по уровням (уровень экипажа, уровень подразделения, армейский или фронтовой (окружной) уровень, уровень ремонтного предприятия, уровень завода – изготовителя) и т.д.

4. Из вышеизложенного следует глубокая методическая общность задач менеджмента качества, управления конфигурацией и ИЛП/АЛП (рис. 2). Эта общность проявляется, с одной стороны, в сходстве научно-методической базы, математического аппарата и, как следствие, некоторых программных средств, которые могут и должны использоваться в этих управленческих технологиях. С другой стороны, эта общность определяется тем, что во всех перечисленных технологиях используются в различных контекстах данные об изделии, накапливаемые и хранимые в соответствующей системе управления данными (PDM-системе).

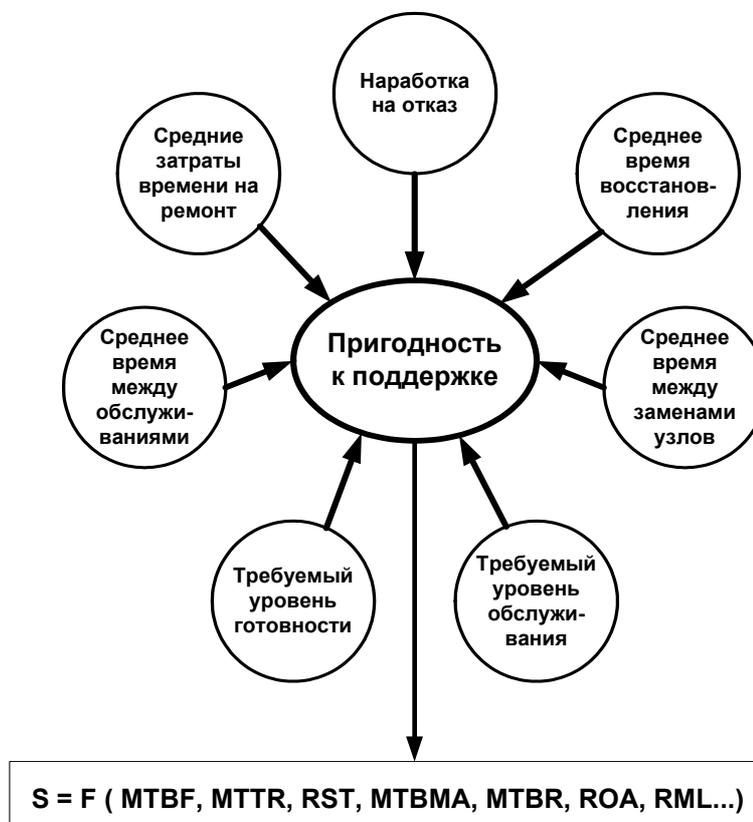


Рис. 1

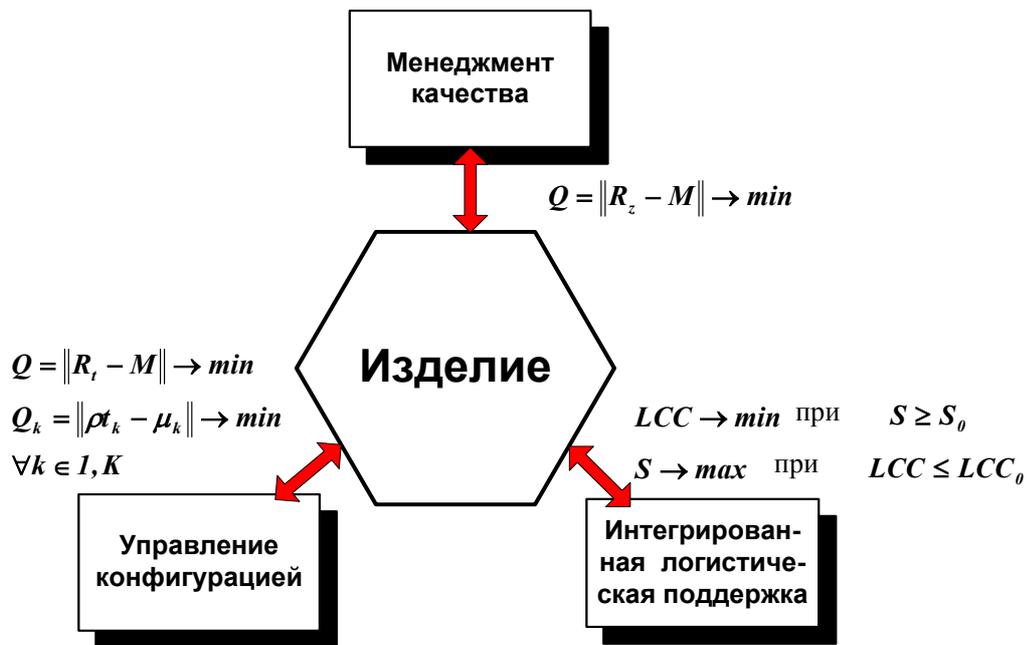


Рис. 2