

УДК 621.001.5:331.01

**ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ПРОГРАММ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
ОТРАБОТКИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ МАШИНОСТРОЕНИЯ****Ташевский Арнольд Германович**

д-р тех. наук

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Санкт-Петербург

author@apriori-journal.ru

Аннотация. В статье рассмотрены методы контроля выполнения программ экспериментальной отработки сложных систем машиностроения (ССМ), основанные на совместном применении детерминированных и статистических показателей качества процессов отработки, а также качественных и количественных критериев оценки завершённости отдельных этапов отработки.

Ключевые слова: сложные технические системы; экспериментальная отработка; показатели уровня отработанности; полнота программ отработки; количественная оценка завершенности отработки.

**ORGANIZATION MONITORING THE PILOT PRACTICING COMPLEX
SYSTEMS MECHANICAL ENGINEERING****Tashevskij Arnold Germanovich**

doctor of technical sciences

St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great, St. Petersburg

Abstract. The article describes methods of monitoring the implementation of programs of experimental development of complex engineering systems (SMS), based on the combined use of deterministic and statistical quality indicators of processes of mining, as well as qualitative and quantitative evaluation criteria completeness of individual development stages.

Key words: complex technical systems; development test; performance level of the flue; the completeness of software testing; quantitative assessment of testing completeness.

Ограниченное число образцов, выделяемых на испытания, и сжатые сроки экспериментальной отработки сложных технических систем не позволяют накопить статистический материал в объеме, достаточном для проведения достоверной оценки технических характеристик и показателей надежности [1-3]. Получаемая статистическая информация о результатах физического моделирования, макетирования и испытаний небольшого числа, часто единичных образцов оказывается разнородной и ограниченной по объему [4].

В связи с этим для контроля выполнения программ экспериментальной отработки целесообразно применять методы, основанные на совместном применении детерминированных и статистических показателей качества процессов отработки, а также качественных и количественных критериев оценки завершенности отдельных этапов отработки [5-6].

Показатели уровня отработанности определяются путем сравнения фактически достигнутых в процессе отработки значений технических характеристик и показателей надежности образца с их требуемыми значениями.

Уровень отработанности служит для оценки завершенности экспериментальной отработки. Эта оценка производится путем сравнения фактических значений технических характеристик показателей надежности ССМ с базовыми значениями. В качестве базовых выбираются значения характеристик показателей из технических заданий на разработку ССМ, технические условия и программы экспериментальной отработки (программы испытаний).

Дифференциальный метод оценки уровня отработанности состоит в определении отдельных относительных показателей V_i , причем $0 \leq V_i \leq 1$. Эти показатели соответствуют следующим основным условиям:

- 1) задано базовое значение $y_i(t) \geq y_i^\sigma$ для i -й характеристики $y_i(t)$, где $0 \leq V_i \leq T$. При этом требуется, чтобы выполнялось условие по

одностороннему допуску $y_i(t) \geq y_i^\sigma$ при $0 \leq t \leq T$ или $y_i \leq y_i^\sigma$, где y_i – максимальное значение $y_i(t)$ при $0 \leq t \leq T$;

- 2) увеличение значений характеристики $y_i(t)$ вплоть до границы допуска y_i^σ считается желательным;
- 3) по физическому смыслу характеристика $y_i(t)$ является неотрицательной: $y_i(t) \geq 0$, а $y_i^\sigma \neq 0$.

Если условия 1- 3 выполняются, то полагаем $V_i = y_i/y_i^\sigma$ при $y_i \leq y_i^\sigma$ и $V_i = 1$ при $y_i = y_i^\sigma$.

Отметим, что показатели V_i используются лишь для приближенной количественной оценки уровня отработанности изделия. Возможный разброс величин V_i и их распределение при этом не учитываются.

При комплексном методе оценка уровня отработанности изделия используется как обобщенный показатель. Расчёт обобщенного показателя проводится по следующим приближенным формулам:

$$V = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \alpha_i V_i, \quad (1)$$

где α_i – весовые коэффициенты;

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1, \quad \alpha_i > 0,$$

или

$$V = \prod_{i=1}^m V_i. \quad (2)$$

Смешанный метод основан на совместном применении комплексного и дифференциального методов. В этом случае для определенной группы показателей применяется комплексный показатель, а отдельные важные по значимости относительные показатели рассматриваются как единичные.

На основе полученной совокупности комплексного и единичных показателей оценивается уровень отработанности дифференциальным методом.

Оценка уровня отработанности изделия взаимосвязана с полной планируемой экспериментальной обработкой [6]. По отношению к требованиям технического задания полнота программ обработки оценивается с помощью комплексного показателя

$$U_n = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 U_i \quad (3)$$

Входящие в выражение (3) единичные показатели определяют полноту экспериментальной обработки технических характеристик U_1 , обработки на внешние воздействующие факторы U_2 , обработки ресурсных характеристик U_3 .

Показатель U_1 определяется по формуле

$$U_1 = N_1/N,$$

где N – число технических характеристик изделия, подтверждение которых запланировано в результате выполнения программы экспериментальной обработки;

N_1 – общее число технических характеристик, подтверждение которых предусмотрено техническим заданием.

Показатель U_2 определяется по формуле

$$U_2 = M_1/M,$$

где M_1 – число внешних факторов и режимов работы, воздействие которых предусмотрено программой экспериментальной обработки при подтверждении технических характеристик изделия;

M – общее число внешних факторов и режимов работы, оговоренных в техническом задании на изделие.

Показатель U_3 определяется по формуле

$$U_3 = T_{\Sigma} / T_{\Sigma}^{TP},$$

где T_{Σ} – суммарная наработка при ресурсных испытаниях, предусмотренная в программе экспериментальной отработки;

T_{Σ}^{TP} – требования к ресурсу в техническом задании или суммарной наработке при ресурсных испытаниях и в нормах испытаний.

Величины T_{Σ} и T_{Σ}^{TP} измеряются в единицах времени или в циклах наработки.

Обобщенный показатель выполнения программы с учетом показателя полноты U_n запланированной отработки определяется по формуле

$$k = U_n V, \quad (4)$$

где V определяют из выражений (1) или (2), а U_n - из (3).

Поскольку U_n и V изменяются в интервале от нуля до единицы, программа отработки на лабораторно-стендовой базе будет выполнена полностью при $k = 1$.

Для сложных технических систем и изделий важной является своевременно организованная автономная отработка узлов и агрегатов систем. Такому порядку отработки соответствует ускоренный рост показателя V на начальных этапах выполнения программы отработки. В связи с этим является целесообразным вычисление значений показателей V и k по ходу отработки в целях контроля динамики процесса отработки и своевременного вмешательства в его ход.

Оценка завершенности экспериментальной отработки проводится с использованием качественных (неформализованных) и количественных (детерминированных и вероятностных) критериев.

К качественным критериям завершенности отработки относятся:

- выполнение программы отработки в полном объеме при устранении всех источников отказов (дефектов), выявленных в ходе отработки;

- наличие соответствующей отчетной документации о проведенных экспериментальных исследованиях и испытаниях, оформленной и утвержденной в установленном порядке;
- присвоение соответствующей литеры конструкторской документации (КД), которая определяет ее готовность к производству изделий.

Количественным критерием завершенности отработки является мера соответствия определенных по результатам испытаний технических характеристик и показателей надежности их требуемым значениям в техническом задании и соответственно программе экспериментальной отработки [7]. При количественной оценке завершенности отработки вычисляются относительные значения показателей уровня отработанности V_i для технических характеристик, действующих возмущающих факторов и показателей надежности.

Если заданы требуемые запасы работоспособности, которые необходимо подтвердить для технических характеристик и действующих возмущающих факторов вычисляются показатели V_i уровня отработанности запасов работоспособности.

В общем случае условие завершенности отработки с использованием относительных показателей V_i уровня отработанности имеет вид

$$V_i = V_i^{\text{ТР}}, \quad i = \overline{1, m},$$

при этом возможно использование одного критерия $V \geq V^{\text{ТР}}$.

После вычисления V_i , V и U_n , а также обобщенного показателя k для контроля выполнения программы экспериментальной отработки используется также критерий $k \geq k^{\text{ТР}}$.

Требуемые значения $V_i^{\text{ТР}}$, $V^{\text{ТР}}$ и $k^{\text{ТР}}$ назначаются с учетом опыта отработки изделия – аналога [8; 9].

Выводы

Количественным критерием завершенности обработки является мера соответствия определенных по результатам испытаний технических характеристик и показателей надежности их требуемым значениям в техническом задании и соответственно программе экспериментальной обработки.

Полученные решения позволяют разработать методы контроля выполнения программ экспериментальной обработки сложных систем машиностроения (ССМ), основанные на совместном применении детерминированных и статистических показателей качества процессов обработки, а также качественных и количественных критериев оценки завершенности отдельных этапов обработки.

При количественной оценке завершенности обработки вычисляются относительные значения показателей уровня отработанности V_i для технических характеристик, действующих возмущающих факторов и показателей надежности, а также показатели V_i уровня отработанности запасов работоспособности ССМ.

Список использованных источников

1. Мартыщенко Л.А., Ташевский А.Г. Военно-научные исследования и разработка вооружения и военной техники. Ч. II. Л.: Изд-во Министерства обороны СССР, 1993. 253 с.
2. Ташевский А.Г. Испытания вооружения и военной техники. Ч. II. МО СССР, 1996. 170 с.
3. Ташевский А.Г., Мартыщенко Л.А. Экспресс-оценка показателей эффективности сложных систем по результатам ограниченного числа натурных испытаний и исследовательских учений // Оборонная техника. 1989. № 12. С. 37-48.

4. Ташевский, А.Г. Подтверждение ТТХ сложных систем по малому числу испытаний / А.Г. Ташевский, Л.А. Мартыщенко, В.И. Немчинов. Л.: Изд-во Министерства обороны СССР, 1985. 48 с.
5. Ташевский А.Г. Оценка качества технологических систем машиностроения и планирование их модернизации с учётом срока морального старения // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 3 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://apriori-journal.ru/seria2/3-2015/Tashevskij.pdf>
6. Ташевский А.Г. Математические модели продолжительности жизненного цикла технических систем // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Моделирование. Математические методы. 2014. № 1 (190). С. 169-178.
7. Ташевский А.Г. Верификация результатов испытаний сложных технических систем // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2013. № 2. С. 203-210.
8. Ташевский А.Г. Модель периодичности модернизаций технологических машин // Инструмент и технологии. 2012. № 38. С. 26-31.
9. Ташевский А.Г. Оценивание эффективности технических систем после их модернизации // Инструмент и технологии. 2011. № 34. С. 44-49.