

УДК 621.001.2-52

И.В. Малиновский

АНАЛИЗ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ПРИМЕНИМОСТЬ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ТРЕБОВАНИЙ

Опытное конструкторское бюро машиностроения им. И.И. Африкантова

Проблемы практического применения методологии интегрированной логистической поддержки могут решаться при помощи разработки методов и средств, позволяющих анализировать состояние экземпляров изделий. При этом используются данные информационных систем организаций-участников жизненного цикла, в результате чего повышается эффективность процессов, снижаются затраты и нивелируются ошибки. В статье предлагается методика оценки состояния интегрированной логистической поддержки изделий на основе ГОСТ Р 53392, 53393, 53394. На ее основе построены модели оценки экземпляра изделия комплекса перегрузочного оборудования КЛТ-40С; описаны результаты оценки. Практическое использование оценки состояния интегрированной логистической поддержки изделий является перспективным способом повышения характеристик управления информацией об экземплярах изделий и их жизненным циклом.

Ключевые слова: интегрированная логистическая поддержка, модели оценки состояния интегрированной логистической поддержки.

Интегрированная логистическая поддержка (ИЛП) является одним из этапов технологии интегрированной информационной поддержки жизненного цикла изделия (технологии ИПИ). Поэтому эффективность ИЛП органически связана с уровнем внедрения подсистем ИПИ-технологии [1, 2], внедренных на более ранних этапах, а именно – подсистем PLM (система управления жизненным циклом изделия), CAD (Computer Aided Design), CAE (Computer Aided Engineering) и иных информационных систем. В АО «ОКБМ Африкантов», в Министерстве атомной промышленности, а позже в ГК «Росатом» вопросами внедрения ИПИ-технологий начали заниматься с конца 1990-х гг., данные направления активно развиваются и в настоящее время. Большая работа была проделана специалистами отдела информационных технологий по внедрению прежде всего системы управления данными об изделии на базе PDM-системы, а впоследствии и концепции поддержки жизненного цикла изделия и внедрения PLM-системы. Параллельно с внедрением систем PDM, PLM проходило внедрение и совершенствование практики применения систем CAD и CAE и переход к проектированию 3D моделей и 3D расчетов [1]. Было введено понятие архива проекта, которое в настоящее время широко используется на этапе проектирования, инженерного анализа изделий, конструкторско-технологической подготовки производства и производства.

Одной из главных задач ИЛП, особенно для изделий двойного назначения, является анализ состояния изделия в соответствии с нормативными документами [3-5]. При этом в настоящее время крайне актуально привлечение цифровых технологий, которые в дальнейшем позволят более четко представлять объем проводимых в нужном направлении изменений и управлять состоянием ИЛП изделий. Состояние любой оцениваемой модели ИЛП должно базироваться на ГОСТ Р 53393 «Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения» [4]. Выбор данного ГОСТ в качестве основы для модели оценки состояния ИЛП не случаен и обоснован следующим:

- комплекс стандартов [3-5] определяет рекомендуемые требования в области ИЛП изделий;
- предыдущие редакции данных НД актуализированы, а, следовательно, востребованы;

- выбранная структура построения основных направлений ИЛП может быть дополнена нужными характеристиками в виде показателей, например, для изделий атомной промышленности – характеристиками радиационного состояния объекта, условиями эксплуатации и утилизации и др.

Модель построена в виде аддитивной свертки [6] как многоуровневая модель, что позволяет при программной реализации видеть каждый уровень. При дополнении разработанными показателями более низкого уровня здесь есть возможность корректнее и полнее определять значения характеристик и показателей вышестоящего уровня, а более высокое значение весового коэффициента указывает на больший вклад соответствующего показателя в аддитивной свертке по показателю или группе показателей верхнего уровня. Таким образом, мы получаем более четкую модель оценки всех групп показателей верхнего уровня. Приведем ее для комплекса перегрузочного оборудования:

- формирование стратегии АЛП;
- планирование АЛП;
- формирование ЛСФ (логическая структура функций);
- формирование ЛСИ (логическая структура изделий) и установление ее связей с ЛСФ;
- проведение АВПКО (анализа видов, последствий и критичности отказов);
- формирование данных по изделию и его СЧ (составная часть) в составе проекта АЛП;
- формирование плана ТОиР (технического обслуживания и ремонта);
- анализ уровней ТОиР;
- прогнозирование потребностей в МТО (материально-техническом обслуживании);
- оценка ЭЭЭ (эксплуатационно-экономической эффективности) выбранного варианта конструкции изделия;
- мониторинг ЭТХ (эксплуатационно-технических характеристик) при испытаниях и эксплуатации изделия, ведение базы АЛП;
- планирование и управление техническим обслуживанием и ремонтом изделия;
- разработка и сопровождение эксплуатационной и ремонтной документации;
- планирование и организация обучения персонала, в том числе разработки технических средств обучения;
- планирование и организация процессов упаковывания, погрузки/разгрузки, хранения, транспортирования изделия;
- разработка инфраструктуры СТЭ (системы технической эксплуатации);
- поддержка программного обеспечения и вычислительных средств;
- мониторинг технического состояния изделия и процессов эксплуатации и технического обслуживания;
- планирование и организация процессов утилизации изделия и его составных частей;
- уровень требований для обеспечения радиационной безопасности;
- уровень защитных мероприятий, исключающих недопустимое попадание радиоактивных веществ в окружающую среду и переоблучение работающего персонала;
- уровень решения вопросов радиационной безопасности на данном этапе жизненного цикла с учетом принятой концепции снятия с эксплуатации;
- проведение утилизации при обеспечении минимального уровня радиационного воздействия на персонал;
- выполнение при проведении работ требований норм радиационной безопасности НРБ;
- работы по утилизации КП должны производиться на специализированном предприятии;
- хранение оборудования, подлежащего утилизации, должно производиться в пределах отведенной для этого специальной территории;
- уровень сведений и мероприятий по подготовке комплекса перегрузочного к утилизации.

Показатели каждого нижестоящего уровня более четко раскрывают смысл и значение показателя более высокого уровня, а значение весового уровня тем больше, чем данный показатель имеет вклад в значение показателя более высокого уровня. Ниже приведены формулы оценки состояния ИЛП:

$$I = \sum_{i=1}^n \alpha_i I_i, \text{ где } 0 \leq \alpha_i \leq 1 \text{ и } \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$$

$$I_i = \sum_{j=1}^{n_i} \beta_{ij} * I_{ij}, \text{ где } 0 \leq \beta_{ij} \leq 1 \text{ и } \sum_{j=1}^{n_i} \beta_{ij} = 1$$

$$I_{ij} = \sum_{l=1}^{n_{ijl}} \gamma_{ijl} * I_{ijl}, \text{ где } 0 \leq \gamma_{ijl} \leq 1 \text{ и } \sum_{l=1}^{n_{ijl}} \gamma_{ijl} = 1, \quad (1)$$

где I – значение общей оценки ИЛП, I_i – значения выше приведенных показателей высшего уровня, I_{ij} – значения показателей более низкого уровня по отношению к верхнему уровню, α_i , β_{ij} , γ_{ijl} – весовые коэффициенты.

Оценку самых нижних значений проводят эксперты соответствующего направления ИЛП.

Предварительно вместе с аддитивной моделью свертки показателей рассматривалась и мультикативная модель [6], но выбор был сделан в пользу аддитивной модели по следующим соображениям.

1. В мультикативной модели в случае, если один из показателей соответствующего уровня равен нулю, то оценка показателя каждого верхнего уровня также равна нулю, что неприемлемо для целей дальнейшего более глубокого анализа.
2. В аддитивной модели свертки показателей оценки состояния разного уровня позволяет в дальнейшем после устранения недостатков оценить значение изменения данного показателя и принять дополнительные меры в случае необходимости.

Принципиальная графическая схема структуры модели оценки состояния ИЛП показана на рис. 1. Разработана и реализована модель оценки состояния ИЛП перегрузочного оборудования на основе требований ГОСТ Р 53393 [5]. На основе этой модели разработано программное обеспечение оценки состояния ИЛП, в которое была загружена модель перегрузочного оборудования и получены результаты, представленные в табл. 1.

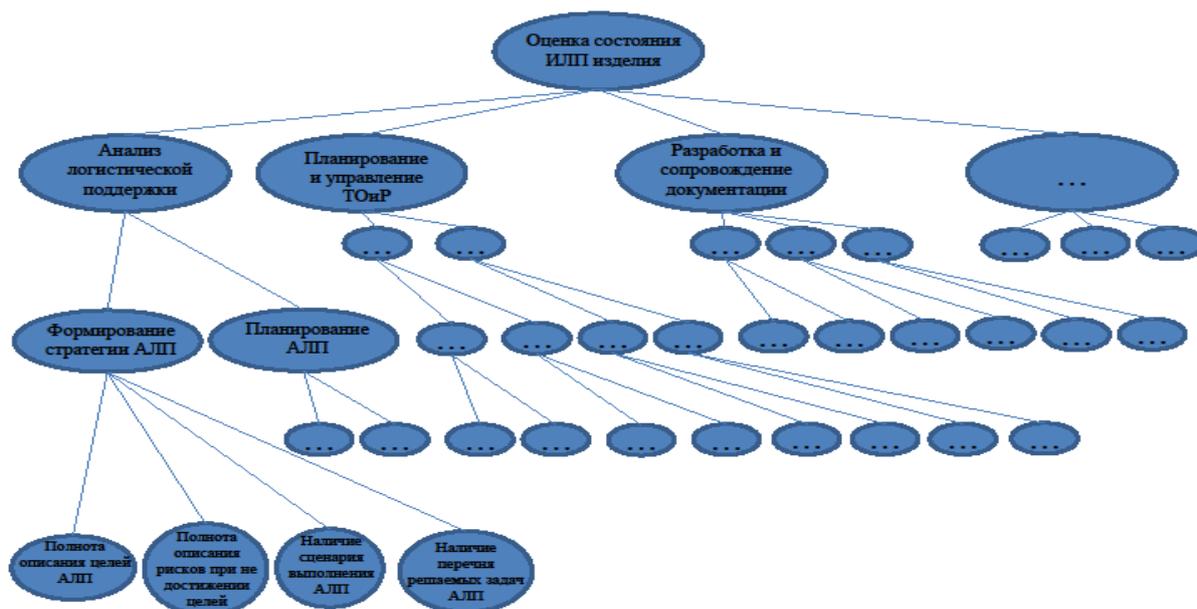


Рис. 1. Схема структуры модели оценки состояния ИЛП изделия и связей показателей разных уровней

Таблица 1

Сокращенный результат оценки состояния ИЛП перегрузочного оборудования

Итоговая оценка:	0,73	0,71	0,75
Показатель	Значение, гр. 1	Значение, гр. 2	Значение, гр. 3
<i>анализ логистической поддержки</i>	0,60	0,60	0,65
формирование стратегии АЛП	0,45	0,33	0,33
полнота описания целей АЛП	0,40	0,30	0,30
полнота описания рисков, связанных с недостижением целей	0,40	0,30	0,30
наличие сценария выполнения АЛП	0,50	0,30	0,30
наличие перечня решаемых задач АЛП с назначенными исполнителями и сроками выполнения	0,50	0,40	0,40
планирование АЛП	0,90	0,68	0,68
наличие критериев определения составных частей	0,90	0,90	0,9
сформированный список составных частей	0,90	0,90	0,90
наличие методов минимизации затрат на жизненный цикл изделия при обеспечении требуемых показателей надежности, готовности и общей эффективности применения по назначению	0,60	0,40	0,40
наличие оценки правильности результатов предыдущих этапов логистического анализа и накопления статистического материала, служащего основой проектирования новых изделий	0,30	0,30	0,30
проведение изучения опыта эксплуатации и обслуживания изделий	0,70	0,70	0,70
определение эффективности проектных, конструкторских, технологических, организационных и др. решений, влияющих на эффективность эксплуатации изделия	0,70	0,70	0,70
формирование логической структуры функций	0,73	0,73	0,90
наличие сформированного перечня рассматриваемых при АЛП функций изделия	0,70	0,70	0,90
наличие сформированного перечня возможных видов отказов изделия в целом, их причин (отказов ФС и СЧ изделия) и их последствий	0,75	0,75	0,90
формирование логической структуры изделий и установление связей с логической структурой функций	0,70	0,70	0,90
наличие сформированного перечня самостоятельных объектов ТЭ (технической эксплуатации) (ФС и (или) СЧ) в составе изделия	0,70	0,70	0,90
проведение АВПКО (анализа видов, последствий и критичности отказов)	0,50	0,78	0,87
наличие сформированного перечня возможных (прогнозируемых) отказов разного вида	0,85	0,85	0,90

Продолжение табл. 1

наличие документа с установлением причинно-следственных связей отказов, последствий	0,70	0,70	0,80
оценка результатов анализа видов, последствий и критичности отказов	0,00	0,80	0,90
формирование данных по изделию и его СЧ (составная часть) в составе проекта АЛП	0,57	0,57	0,57
полнота БД АЛП	0,50	0,50	0,50
обеспечение целостности и согласованности данных в БД АЛП	0,60	0,60	0,60
формирование плана ТОиР	0,75	0,75	0,75
наличие документа с составом и периодичностью проведения рекомендуемых и обязательных плановых работ по ТОиР	0,80	0,80	0,80
наличие документов с указаниями по способам выявления и устранения возможных отказов и поврежденных изделий и его СЧ	0,70	0,70	0,70
анализ уровней ТОиР	0,54	0,54	0,54
наиболее эффективное использование имеющейся инфраструктуры, средств ТОиР	0,50	0,50	0,50
выполнение требований к затратам времени, труда и материальных средств на проведение ТОиР при разных способах их выполнения	0,60	0,60	0,60
прогнозирование потребностей в МТО	0,64	0,64	0,54
полнота номенклатурного перечня ПС (предмета снабжения, в том числе для каждого уровня ТОиР)	0,70	0,70	0,50
наличие документов, содержащих требования к складским и транспортным мощностям с учетом планируемых мест хранения и использования ПС	0,70	0,70	0,90
наличие документов, содержащих требования к складским и транспортным мощностям с учетом планируемых мест хранения и использования ПС	0,70	0,70	0,50
наличие перечня источников (поставщиков) ПС	0,80	0,80	0,50
наличие документов с методами обеспечения в процессе ТЭ доступности ПС, с учетом возможного прекращения их производства или ограничений на их приобретение по иным причинам (согласно ГОСТ Р 56129)	0,30	0,30	0,30
оценка ЭЭЭ (эксплуатационно-экономической эффективности) выбранного варианта конструкции изделия	0,29	0,54	0,55
наличие документов с расчетами коэффициента готовности	0,50	0,50	0,30
наличие документов с расчетом затрат на ТЭ	0,30	0,30	0,30
наличие документа с результатами расчетов ЭЭЭ	0,00	0,30	0,30
наличие возможности и способности управления качеством изделия	0,75	0,75	0,75
наличие результатов анализа опыта эксплуатации, обслуживания и поддержки изделий-аналогов	0,70	0,70	0,70

Продолжение табл. 1

наличие возможности улучшения характеристик изделия в процессе эксплуатации	0,60	0,60	0,70
применение анализа изделий-аналогов для улучшения характеристик изделия	0,70	0,70	0,90
мониторинг ЭТХ (эксплуатационно-технических характеристик) при испытаниях и эксплуатации изделия, ведение базы АЛП	0,61	0,50	0,53
оценка мониторинга ЭТХ	0,55	0,40	0,40
оценка ведения БД АЛП	0,60	0,60	0,40
оценка мониторинга ЭТХ при испытаниях	0,70	0,70	0,70
оценка мониторинга ЭТХ при эксплуатации	0,60	0,40	0,60
оценка мониторинга ЭТХ после ТОиР	0,60	0,40	0,60
наличие БД АЛП	0,60	0,40	0,40
проведение корректировки проектных решений для обеспечения эффективной эксплуатации	0,60	0,60	0,60
планирование и управление техническим обслуживанием и ремонтом изделия	0,73	0,62	0,60
<u>наличие разработанного плана ТОиР</u>	0,6	0,55	0,49
наличие моделей управления запасами	0,60	0,30	0,10
наличие норм расхода материальных ресурсов, расходных материалов	0,70	0,70	0,70
план ТОиР	0,70	0,70	0,60
определение затрат времени на вывод из эксплуатации для ТОиР, ремонт, обслуживание, ввод в эксплуатацию	0,70	0,50	0,30
определение требуемого уровня готовности	0,50	0,50	0,60
определение требуемого уровня обслуживания	0,50	0,50	0,60
<u>наличие средств для реализации плана ТОиР</u>	0,78	0,68	0,71
наличие типовых и стандартных средств из типоразмерных рядов	0,70	0,60	0,60
наличие средств, имеющихся в инфраструктуре СТЭ	0,80	0,60	0,60
наличие средств обслуживания и эксплуатационного контроля, встроенных в изделие	0,80	0,70	0,70
наличие специальных средств ТОиР и специального инструмента	0,80	0,80	0,90
разработка и сопровождение эксплуатационной и ремонтной документации	0,73	0,66	0,66
наличие требований к ЭД (РД)	0,90	1,00	1,00
наличие модели данных (МД) эксплуатации	0,70	0,40	0,40
наличие модели данных (МД) ТОиР	0,60	0,40	0,40
наличие БД эксплуатационной документации	0,70	0,70	0,70
наличие БД документации для обслуживания и ремонта	0,60	0,50	0,50
планирование и организация обучения персонала, в том числе разработка технических средств обучения	0,74	0,79	0,80
...

Окончание табл. 1

планирование и организация процессов упаковки, погрузки/разгрузки, хранения, транспортирования изделия	0,74	0,81	0,85
...
разработка инфраструктуры СТЭ (системы технической эксплуатации)	0,80	0,80	1,00
...
поддержка программного обеспечения и вычислительных средств	0,76	0,76	0,83
...
мониторинг технического состояния изделия и процессов эксплуатации и технического обслуживания	0,66	0,54	0,60
...
планирование и организация процессов утилизации изделия и его составных частей	0,88	0,91	0,95
...

В табл. 1 представлены результаты оценки состояния ИЛП перегрузочного оборудования, проведенные тремя группами экспертов: они достаточно близки. Для оценки другого оборудования из других отраслей модель может заметно измениться. При этом группы показателей первого уровня изменениям подвергнутся в меньшей степени, а показатели третьего – могут быть заменены полностью. Необходимо отметить, что ГОСТ Р 53393 отражает современные требования к ИЛП сложных машиностроительных изделий, а соответствующая информация в виде 3D моделей, рабочая конструкторско-технологическая и иная документация хранится в PDM системе, в которой построен соответствующий классификатор.

В результате проведенных работ по начальному анализу и выбору оцениваемых параметров, назначению весовых коэффициентов, оценке состояния ИЛП перегрузочного оборудования КЛТ-40С экспертами получены результаты, имеющие практическую ценность. Наибольшую сложность для экспертизы при выполнении комплекса работ показало создание комплекса оцениваемых параметров для построения корректной модели оценки. Для этого потребовалось анализировать документацию по изделию с точки зрения состава изделия, контролируемых параметров при проектировании, производстве, поставке, эксплуатации и ТОиР, особенности взаимодействия с эксплуатирующей организацией и контрагентами.

Определено, что общая оценка состояния ИЛП (и ее значение) практически применима для оценки изменения уровня состояния ИЛП и требует периодического повторения с фиксацией результата на конкретный момент. При сравнении, например, ежегодно проводимых оценок можно определить динамику изменения общего состояния ИЛП изделия и необходимость организации компенсирующих мероприятий.

Библиографический список

1. **Малиновский, И.В.** Задачи и направления развития информационных технологий при внедрении интегрированной логистической поддержки / И.В. Малиновский, В.В. Банкрутенко, И.В. Нетрунин // Материалы 27-й Всероссийской научно-практической конференции по графическим информационным технологиям и системам «КОГРАФ-2017». – Н. Новгород, 2017. – С. 1401-1404.
2. **Судов, Е.В.** Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы. Модели / Е.В. Судов. – М.: МВМ, 2003. – 264 с.

3. ГОСТ Р 53392-2017. Интегрированная логистическая поддержка. Анализ логистической поддержки. Основные положения. – Взамен ГОСТ Р 53392-2009. Введ. 10.03.2017. – М.: Стандартинформ, 2017.– 16 с.
4. ГОСТ Р 53393-2017. Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения. – Взамен ГОСТ Р 53393-2009. Введ. 10.03.2017. – М.: Стандартинформ, 2017.– 12 с.
5. ГОСТ Р 53394-2017. Интегрированная логистическая поддержка. Термины и определения. – Взамен ГОСТ Р 53394-2009. Введ. 10.03.2017. – М.: Стандартинформ, 2017. – 19 с.
6. **Болодурина, И.П.** Системный анализ: учебное пособие / И.П. Болодурина, Т.Н. Тарасова, О.С. Арапова. – Оренбург: ОГУ, 2013. – 193 с.

*Дата поступления
в редакцию: 11.01.2019*

I.V. Malinovsky

THE PRACTICAL ANALYSIS AND APPLICABILITY ASSESSMENT OF INTEGRATED LOGISTICS SUPPORT PRODUCTS, ON THE BASIS OF MODERN REQUIREMENTS

JSC OKBM Africantov, Nizhniy Novgorod

Subject, topic, purpose of the work: the problems of practical application of the methodology of integrated logistics support can be solved by developing methods and tools to analyze the state of product instances, using the data of information systems of organizations participating in the life cycle, resulting in an increase in the efficiency of processes, reducing errors and costs during the life stages of products.

Work Method/methodology of work: Elite, developed by the author of the article the method for evaluation of integrated logistics support products based on GOST P53392, 53393, 53394.

The results and their application: the proposed methods the constructed model evaluation copy of the product of the complex cargo handling equipment KLT-40S and described the results of the evaluation.

Conclusions: the Practical use of the assessment of the integrated logistics support of products is a promising way to improve the characteristics of information management about product instances and their life cycle.

Key words: integrated logistic support, integrated logistics support assessment models.