

УДК 623.438.1

Борисюк М.Д., Бусяк Ю.М., Климов В.Ф., Анипко О.Б., Семененко Н.В.

**К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТАНКА
НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Харьковское конструкторское бюро по машиностроению им. А.А. Морозова

В статье изложены рекомендации по определению номенклатуры количественных требований, нормируемых показателей надежности танка и качественных требований, регламентирующих конструкционные способы обеспечения надежности танка на стадии проектирования.

Актуальность проблемы.

Надежность танка зависит от всех стадий жизненного цикла, которые он проходит, и, прежде всего, от проектирования, производства и эксплуатации. Известно, что работы по обеспечению надежности танка дают наибольший эффект на стадии проектирования. Можно считать, что надежность закладывается при проектировании, а проявляется и поддерживается в эксплуатации.

В начальный период проектирования танка приходится производить несколько вариантов ориентировочного расчета надежности. Подобные расчеты требуются [1]:

- при разработке тактико-технического задания на вновь проектируемый танк;
- при сравнении различных вариантов схем отдельных устройств составных частей проектируемого танка;
- при выборе уровня надежности сборочных единиц проектируемого танка.

Решение данных задач производится с использованием существующих теоретических разработок или экспертными оценками, отражающими накопленную на момент проведения расчетов информацию. Порядок выбора номенклатуры количественных требований нормируемых показателей надежности танка определен в нормативно-технических документах [2,3]: показателями безотказности и долговечности.

Основная часть.

Существующие нормативно-технические документы [3] в области надежности бронетанковой техники, разработанные ранее, не всегда обеспечивают достоверность расчетов ее количественных показателей с достаточной точностью. Например, в ряде случаев при количественной оценке показателей безотказности и долговечности танка, необходимо определить параметр потока ресурсных отказов $\omega(t)$ их сборочных единиц и среднее количество рассматриваемых отказов за заданную наработку. При использовании стандарта [3], исходя из плотности распределения наработки сборочных единиц до ресурсного отказа $f_1(t)$ и плотности вероятности наработки до k – отказа $f_k(t)$, получим:

$$\omega(t) = f_1(t) + \sum_{k=2}^{\infty} f_k(t), \tag{1}$$

где $\omega(t)$ – параметр потока ресурсных отказов.

Применительно к танку распределение наработки до ресурсного отказа подчиняется закону Вейбулла с плотностью:

$$f(t) = b / \theta (t / \theta)^{b-1} \exp(t / \theta)^b, \tag{2}$$

где f_1 – распределение наработки сборочных единиц до ресурсных отказов; b – параметр формы распределения; θ – параметр масштаба распределения.

Плотность распределения значений наработки до k -го отказа $f_k(t)$ в виде аналитических зависимостей, если $f_k(t)$ подчиняется закону Вейбулла, получить не удастся [4].

Опыт работы показывает, что при задании требований к надежности разрабатываемого танка необходимо использовать уже существующие данные о разработке, доводке и надежности танков третьего поколения, разработанных КП ХКБМ ранее, это Т-64А, Т-64Б и Т-80УД, которые в свое время превосходили лучшие танки мирового танкостроения, а также наши новейшие танки БМ "Оплот", "Ятаган", "Булат". При анализе большого количества статистических данных проявляются определенные закономерности. Поэтому, определение конкретных количественных и качественных критериев надежности при проектировании танка должно исходить из специфических особенностей устройства, условий применения, учитывать принятую систему его обслуживания и восстановления, а также физическую природу отказов, обусловленную следующими причинами их возникновения (смотри рисунок).

Таким образом, чем точнее в процессе проектирования будут учтены случайные явления в эксплуатации танка, тем дешевле и быстрее будет обеспечен необходимый его уровень надежности.

Предлагается производить выбор количественных показателей надежности танка исходя либо из того, какой уровень надежности нужен для выполнения поставленных перед танком задач, либо из того, какой уровень надежности может быть достигнут при существующем уровне производства и имеющихся ограничениях в финансировании.

Поставленные перед танком задачи можно определить исходя из оперативно - тактических соображений и необходимости достижения превосходства над вероятным противником, а также по данным о надежности существующих танков, т.е. возможности промышленности в части удовлетворения требований потенциальных заказчиков.

Надежность танка можно оценить используя такой статистический показатель, как параметр потока отказов, ω (отказ/тыс.км). Значение этого показателя определяется по формуле [3]:

$$\omega = \frac{\sum_{i=1}^{S/\Delta S} n_i}{N(S)\Delta Si}, \quad (3)$$

где ω – параметр потока отказов; n_i – число танков, вышедших из строя в интервале ΔS ; S – наработка, для которой определяется вероятность исправной работы; ΔS – принятая продолжительность интервала наработки, $\Delta S \rightarrow 0$; N – общее количество рассматриваемых танков за период испытаний, $N \rightarrow 0$.

Указанная выше характеристика надежности является, прежде всего, показателем безотказности. Она дает возможность получить представление о количестве и вероятности появления отказов за единицу времени (наработки).

При исследовании надежности танка нельзя ограничиваться лишь показателями безотказности. Для полной оценки надежности танка необходимо также определить показатели долговечности на основе исследования предельного изнашивания деталей, узлов и агрегатов.

Показателями долговечности являются средний ресурс, R_{cp} (ед. наработки) и девяностопроцентный гамма ресурс, R_{90} (ед. наработки).

Средний ресурс определяет наработку, соответствующую 50 %-процентной вероятности достижения танком предельного технического состояния.

Для агрегатов и узлов, а также танка в целом ресурсом принято считать наработку, которая вызывает необходимость проведения капитального ремонта в результате значительного износа большинства деталей. В процессе эксплуатации в агрегатах танка могут изнашиваться отдельные детали и узлы. Однако их износ еще не означает исчерпание ресурса. Замена таких деталей и узлов составляет содержание и объем войскового ремонта танка и их агрегатов.

Обычно средний ресурс танка определяется из уравнения:

$$R_{н\bar{o}} = \int_0^{\infty} S f(S) dS, \quad (4)$$

где R_{cp} – средняя наработка до отказа или средний ресурс танка; $f(S)$ – плотность вероятности распределения ресурса в танках; S – наработка до момента отказа; S_1, S_2, \dots, S_n – наработка до отказа у каждого из испытываемых танков.

Девяностопроцентный ресурс R_{90} определяет наработку, соответствующую заданной вероятности безотказной работы до определенного изнашивания. Обычно девяностопроцентный ресурс находят по уравнению (4) для значений $\gamma = 0,80-0,95$.

Конкретная величина γ задается с учетом значимости агрегата или узла в танке. Ответственным агрегатом соответствуют меньшее значение γ и наоборот.

При проектировании необходимо знать, как влияют те или иные узлы и агрегаты танка на его показатели надежности.

Для этого сборочные единицы танка условно делятся на три конструктивные группы в зависимости от вида (измерителя) наработки:

– первая группа, это системы и узлы, наработку которых принято измерять величиной пробега танка в километрах (узлы корпуса, ходовой части, трансмиссия, приводы управления, агрегаты систем обслуживания, двигатель);

– вторая группа, это системы и узлы, наработку которых принято измерять временем их работы в часах (двигатель, стабилизатор танкового вооружения, приборы прицеливания и наблюдения ночные, система управления огнем (дневная), сборочные единицы системы коллективной защиты, электрооборудование, средства связи);

– третья группа, это системы и узлы, наработка которых выражается в выстрелах, циклах и других единицах измерения (артиллерийское вооружение, механизм заряжания, комплекс средств оптико-электронного подавления).

Вместе с тем, основным видом (измерителем) наработки в целом для танка принято считать величину пробега танка в километрах. Системы и сборочные единицы, наработка которых измеряется в единицах, отличных от километров пробега (часы, выстрелы, циклы и т.д.), должны быть приспособлены к использованию на танке. Это означает, что ресурс, измеренный в километрах пробега, должен быть не менее чем у танка в целом до капитального ремонта.

На базе конструктивных групп танка принято проделать многоступенчатое суммирование параметров надежности следующим образом

$$\omega_m = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 \quad (5)$$

где ω_m – параметр потока отказов танка в целом; $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ – параметры потока отказов соответственно первой, второй и третьей конструктивных групп.

А каждую сборочную единицу, входящую в состав одной из конструктивных групп, определяем как:

$$\omega_j = \sum_{i=1}^n \omega_{ij}, \quad (6)$$

где ω_j – параметр потока отказов сборочных единиц, входящих в состав каждой конструктивной группы.

Отказы остальных, не входящих в перечни элементов конструктивных групп танка, учитываются коэффициентом пропорциональности. Так, например, параметр потока отказов подвесок $\omega_{нод}$ можно выразить по формуле:

$$\omega_{нод} = 1,1 \cdot (\omega_{тор} + \omega_B), \quad (7)$$

где $\omega_{тор}$ – параметр потока отказов торсиона; ω_B – параметр потока отказов балансира; 1,1 – коэффициент пропорциональности.

При этом суммирование параметров потока отказов допускается только основных сборочных единиц, входящих в рассматриваемую конструктивную группу.

Полученные расчетные данные сводятся в таблицу, в которой содержится также исходная информация по сборочным единицам конструктивных групп, в качестве которой могут быть использованы аналогичные составные части изделий-прототипов, например танк Т-64А танку БМ "Булат".

Оценка долговечности производится для основных сборочных единиц. К основным сборочным единицам рекомендуется при проектировании относить: ствол пушки, двигатель, коробку передач, венец ведущего колеса, гусеницу, опорные катки, торсион, гидроамортизатор и др.

При задании требований к долговечности таких сборочных единиц следует предусматривать их регламентную замену, при этом наработку до регламентной замены целесообразно устанавливать близкой к краткой наработке до капитального ремонта.

А параметр потока отказов, срок сохраняемости и их гарантийная наработка должны быть не ниже чем у танка в целом.

В соответствии с существующим стандартом [2], помимо количественных требований к надежности танка на стадии проектирования, следует задавать качественные требования, регламентирующие конструкционные способы обеспечения надежности танка:

– требования и (или) ограничения по затратам (стоимости) в проектировании, производстве и эксплуатации, массе, габаритам, объему танка и (или) его отдельных составных частей, комплектов ЗИП, оборудования для технического обслуживания и ремонтов. Высокая плотность компоновки отечественных танков и танков ближнего зарубежья приводит к тому, что в их конструкции имеются элементы, обеспечивающие работу целого ряда систем. При этом выигрыш в объеме, массе и т.п. приводит к проигрышу в надежности [1,4], т.к. отказ этого элемента приводит к отказу всех связанных с ним систем. А с точки зрения обеспечения безотказности целесообразно либо добиваться автономности различных систем, либо выполнять элементы, обеспечивающие

работу нескольких систем высоконадежными и обеспечивать их повышенную защищенность от боевых повреждений;

– требования по применению стандартизованных или унифицированных комплектующих изделий. Так как широко используемые в танке унифицированные и стандартные элементы, являющиеся обычно более надежными, особенно при изготовлении на специализированных предприятиях концерна "Бронетехника Украины";

– при проектировании должны закладываться прогрессивные решения по ремонтпригодности танка:

а) объединение сборочных единиц в блоки и модули с сокращением объема демонтированных работ для доступа к ним;

б) исключение необходимости регулировочных (центровочных) работ при замене сборочных единиц;

в) применение штуцерных соединений вместо дюритов с хомутами;

г) внедрение быстросъемных соединений трубопроводов с запорными клапанами, исключающих необходимость слива рабочих жидкостей при демонтаже сборочных единиц;

д) внедрение системы контроля (встроенную или выносную) позволяющую контролировать исправность систем танка и выявлять отказавшие сборочные единицы.

Выводы.

Представленные в статье рекомендации по определению номенклатуры количественных требований нормируемых показателей надежности танка и качественных требований, регламентирующих конструктивные способы обеспечения надежности на базе конструктивных групп танка, в основном, не противоречат существующим теоретическим разработкам и нормативно-техническим документам в области надежности бронетанковой техники и могут рассматриваться как дополнительные рекомендации, учитывающие специфику и особенности обеспечения надежности танка при его проектировании в концерне "Бронетехника Украины".

Литература

1. Ротенберг Р.В., Фаробин Я.Е. Основы проектирования и расчета деталей и узлов боевых машин – М.: издание АБТВ имени Р.Я.Малиновского, 1974 г., 457 с.
2. ГОСТ 27.003-90. Состав и общие правила задания требований по надежности. 1991г., 27 с.
3. ОСТ ВЗ-5351-82 – ОСТ ВЗ-5356-82. Танки, БМП, БТР гусеничные. Методы оценки безотказности и долговечности по результатам испытаний и эксплуатации, 1982 г.
4. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных систем. – М.: Энергия, 1977 г., 536 с.
5. Анилович В.Я., Гринченко А.С., Литвиненко В.Л. Надежность машин в задачах и примерах "ОКО" Харьков, 2001 г., 320 с.

УДК 623.438.1

Борисюк М.Д., Бусяк Ю.М., Клімов В.Ф., Аніпко О.Б., Семененко М.В.

ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТАНКА НА СТАДІЇ ПРОЕКТУВАННЯ

У статті викладено рекомендації з визначення номенклатури кількісних вимог нормованих показників надійності танка і якісних вимог, що регламентують конструкційні способи забезпеченні надійності танка на стадії проектування.