

А.Ю. ВАСИЛЬЕВ, НТУ “ХПИ”, **Е.П. ПОНОМАРЕВ**, ОАО “ХТЗ”,
С.Т. БРУЛЬ, Центральное Бронетанковое управление Вооружения
Главного управления логистики Командования сил поддержки
Вооруженных Сил Украины

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОВЕДЕНИЯ КОРПУСА МТ-ЛБ ПРИ СТРЕЛЬБЕ

Розв'язана задача розробки методики багатоваріантного аналізу напружено-деформованого стану корпусу МТ-ЛБ при проведенні модернізації шляхом встановлення більш потужних модулів озброєння. Вибрані раціональні параметри варіювання для вирішення вказаної задачі.

The methods of multiple strain-stress state analysis of the MT-LB hull during conducting of modernization by establishment of more powerful armament modules are developed. Efficient parameters for varying for the decision of the indicated task are chosen.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ. Боевые машины серии МТ-ЛБ имеют более 80 различных модификаций и находятся на вооружении армий более 40 стран. Процесс модернизации представляет собой систему конструкторских, технологических, инженерных и научно-исследовательских проработок, объединенных целью повышения их тактико-технических характеристик [1, 2]. В связи с широким разнообразием устанавливаемого на машины вооружения ставится задача исследования поведения корпуса боевой машины (КБМ) при статическом и динамическом воздействии установленного вооружения во время стрельбы. В качестве базового примера выбран МТ-ЛБ с установленным боевым модулем “ГРОМ”, который содержит танковый пулемет ПКТ калибра 7,62 и 30-мм автоматическую пушку, гранатомет АГС-17 “Пламя”, ПТУР (рис. 1) [3].



Рис. 1. Вариант модернизации гусеничного бронетранспортера-тягача установкой боевого модуля “Гром”

Предлагаемый подход к исследованию корпуса МТ-ЛБ и обеспечения оптимальных характеристик машины уже был ранее описан в статье [4]. В этой же статье существенно расширена область применения подхода.

Предлагаются результаты анализа реакции корпуса машины от различных статических сил, от динамического воздействия от модуля “ГРОМ” при одиночном выстреле и стрельбе очередью из 30-мм пушки при различных характеристиках стрельбы. В данной статье приводятся результаты расчетов динамической реакции корпуса МТ-ЛБ, а также анализ полученных результатов.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ. Для решения поставленной задачи об анализе и синтезе КБМ для обоснования конкретного варианта модернизации предполагается использовать расчетно-экспериментальный метод на базе обобщенного параметрического подхода [5, 6] совместно с методом конечных элементов (МКЭ) [7], в качестве экспериментов – тензометрия.

Использование обобщенного параметрического подхода предполагает выбор рациональных параметров, подлежащих варьированию при исследованиях, а также обоснованных контрольных величин, которые в дальнейшем будут участвовать в сравнении [8]. В рамках данной статьи рассматривается модернизация МТ-ЛБ путем установки нового боевого модуля. В связи с большей длительностью каждого динамического расчета по сравнению с аналогичным по степени конечно-элементной дискретизации статическим расчетом было принято решение выбрать следующую комбинацию фиксированных и варьируемых параметров.

Фиксированные параметры:

- геометрия корпуса МТ-ЛБ;
- геометрия структуры усиления корпуса;
- геометрия боевого модуля;
- величины сосредоточенных масс, моделирующих внутреннее оборудование машины;
- величина сосредоточенной массы, моделирующей массу боевого модуля (БМ);
- величина усилия отдачи при стрельбе;
- параметры импульса (длительность импульса и его амплитуда).

Варьируемые величины:

- толшины листов корпуса (крыша и борт);
- толшины элементов структуры усиления;
- темп стрельбы.

Исследовалось динамическое поведение корпуса при воздействии калиброванной импульсной нагрузки от одиночного выстрела установленного на МТ-ЛБ 30-мм орудия.

В качестве основных контрольных величин выступали величины перемещений и напряжений в характерных точках конструкции (рис. 2), а также величины углов наклона корпуса в районе подбашенного погона в

продольном и поперечном относительно оси корпуса направлениях.

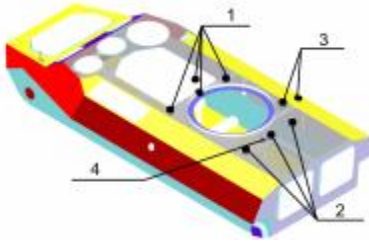


Рис. 2. Схема расположения датчиков:
 1 – на крыше перед БМ;
 2 – на крыше позади БМ;
 3 – справа от БМ;
 4 – на вертикальной стойке усиления позади БМ

3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ. Для обеспечения возможности проведения многовариантного анализа и синтеза МТ-ЛБ от указанного параметра была использована та же упрощенная параметрическая геометрическая модель корпуса МТ-ЛБ, что и в [4]. Дальнейшая доработка модели, расчет ее реакции и сбор интересующей информации происходили в САЕ-системе ANSYS. Для автоматизации проведения много вариантов расчетов была написана специализированная программная оболочка на языке ObjectPascal, обеспечивающая взаимодействие между указанными программными комплексами и не требующая от пользователя знания указанных систем, а только задания конкретных значений варьируемых параметров. Структура работы созданной программы показана на рис. 3. Программа может легко расширяться под новые требования (другие входные и выходные параметры).

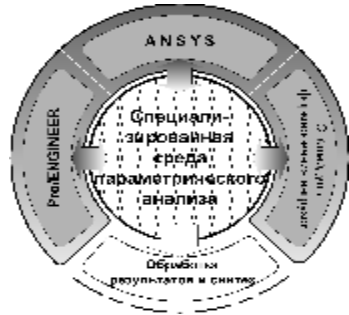


Рис. 3. Структура работы программы

Расчет жесткостных, прочностных и динамических характеристик корпусов происходит с помощью метода конечных элементов [6]. Основное соотношение метода для нахождения напряженно-деформированного состояния при динамическом нагружении:

$$[M]\{\ddot{X}\} + [C]\{\dot{X}\} + [K]\{X\} = [F(t)] \cdot \delta(t), \quad (1)$$

- где $[M]$ – глобальная матрица масс;
 $[K]$ – глобальная матрица жесткости конечно-элементной модели;
 $[C]$ – глобальная матрица демпфирования;
 $\{X\}$ – искомый вектор узловых перемещений модели;
 $[F(t)] \cdot \delta(t)$ – глобальный вектор импульсных нагрузок;

4. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ. При решении модельной задачи по анализу динамической реакции корпуса МТ-ЛБ при стрельбе очередью на НДС корпуса и угол наклона погона башни было проведено 14 расчетов:

- 1 – базовый без изменений;
- 2 – толщина листа крыши – 3мм;
- 3 – толщина листа крыши – 6мм;
- 4 – толщина листа крыши – 8мм;
- 5 – толщины элементов усиления – 1мм;
- 6 – толщины элементов усиления – 5мм;
- 7 – толщины элементов усиления – 7мм;
- 8 – толщины элементов усиления – 10мм;
- 9 – толщина боковых листов – 3мм;
- 10 – толщина боковых листов – 8мм;
- 11 – темп стрельбы 100 выстр/мин;
- 12 – темп стрельбы 500 выстр/мин;
- 13 – темп стрельбы 700 выстр/мин;
- 14 – темп стрельбы 1000 выстр/мин.

По ним были получены качественные и численные результаты. На рис. 4 приведен характер изменения угла наклона погона башни от времени.

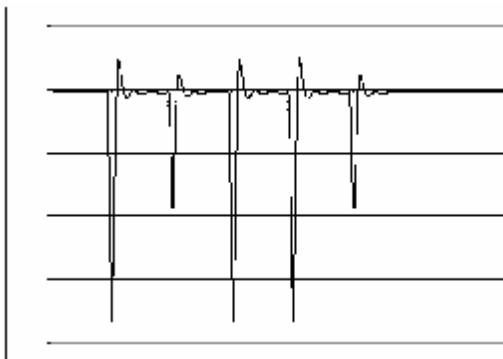


Рис. 4. Изменение угла наклона погона башни от времени

В табл.1 показаны значения относительных максимальных и минимальных углов наклона погона башни в ходе стрельбы, приведенные к результатам базового варианта, в табл.2 – максимальные напряжения в 10 датчиках.

Таблица 1

Изменение угла наклона погона башни

Номер расчета	1	2	3	4	5	6	7
min	1,00	1,02	0,97	0,95	1,38	0,88	0,81
max	1,00	1,03	0,96	0,94	1,93	0,81	0,72
Номер расчета	8	9	10	11	12	13	14
min	0,75	1,00	1,00	0,07	1,04	1,00	0,06
max	0,63	1,02	0,99	0,31	0,90	0,81	0,25

Таблица 2

Максимальные значения напряжений в датчиках
относительно базового варианта расчета

Вариант расчета	Номер датчика				
	1	2	3	4	5
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2	1,192	1,113	1,255	0,949	1,211
3	0,792	0,846	0,715	1,103	0,739
4	0,682	0,758	0,559	1,221	0,581
5	0,901	2,235	0,849	1,869	1,046
6	1,085	0,805	1,005	2,066	0,908
7	1,138	0,713	0,973	2,902	0,823
8	1,178	0,628	0,924	3,689	0,717
9	0,992	1,000	0,988	1,557	1,009
10	1,003	1,000	1,001	0,877	1,000
11	1,095	0,861	2,799	3,295	0,543
12	1,030	1,043	1,018	1,026	1,046
13	1,011	1,035	0,993	0,997	1,028
14	0,986	0,719	2,461	2,902	0,479
Вариант расчета	Номер датчика				
	6	7	8	9	10
1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
2	1,325	1,142	1,141	1,138	1,200
3	0,655	0,830	0,829	0,807	0,785
4	0,516	0,727	0,723	0,677	0,663
5	1,274	1,128	1,130	1,007	0,892
6	1,350	0,970	0,967	1,041	1,046
7	1,783	0,954	0,947	1,076	1,062
8	2,293	0,940	0,929	1,110	1,069
9	1,015	0,990	0,990	0,979	0,985
10	0,997	1,006	1,006	0,993	1,008
11	3,605	1,373	1,365	2,434	2,600
12	0,991	1,022	1,024	0,979	1,023
13	0,986	1,000	1,000	0,979	1,015
14	3,146	1,230	1,224	2,186	2,300

5. ВЫВОДЫ. Анализ полученных в ходе численных экспериментов результатов дает возможность сделать следующие выводы.

1. Разработанный метод многовариантного анализа и напряженно-деформированного состояния корпусов под воздействием статических и динамических нагрузок показал свою работоспособность.

2. Выбраны рациональные параметры для варьирования при решении задачи модернизации путем установки нового боевого модуля.

3. Построенные параметрические геометрические, физические и математические модели корпуса МТ-ЛБ обеспечивают анализ и синтез рациональных параметров по заданным критериям.

4. Создана программа, автоматизирующая проведение многовариантного анализа корпуса боевой машины.

5. Работоспособность и эффективность методики была проверена путем решения ряда модельных задач.

В дальнейшем предполагается расширение функциональных возможностей разработанного программного обеспечения и созданных моделей, а также проведение конкретных исследований при реальных значениях варьируемых и фиксированных параметров.

Список литературы. 1. *Васильев А.Ю., Мартыненко А.В., Шталов О.Е. Пелешко Е.В., Назарова О.П.* Комплексный подход к модернизации корпусов легкобронированных машин с использованием современных программных комплексов – Праці Таврійської державної агротехнічної академії – Мелітополь: ТДАТА. –2005. – № 26. – С.169-174. 2. *Васильев А.Ю., Малакей А.Н., Пелешко Е.В., Шталов О.Е.* К вопросу интегрированных систем анализа динамических процессов в корпусах транспортных средств специального назначения // Механіка та машинобудування. – 2004. – №1. – С.46-55. 3. <http://www.morozov.com.ua/> – официальный сайт Казенного Предприятия “Харьковское Конструкторское Бюро по Машиностроению им. А.А.Морозова”. 4. *Пономарев Е.П., Васильев А.Ю.* К вопросу о проведении многовариантного анализа напряженно-деформированного состояния корпуса МТ-ЛБ // Механіка та машинобудування. – 2005 – №1. – С. 289-294. 5. *Гриценко Г.Д., Малакей А.Н., Миргородский Ю.Я., Ткачук А.В., Ткачук Н.А.* Интегрированные методы исследования прочностных, жесткостных и динамических характеристик элементов сложных механических систем// Механіка та машинобудування. – 2002. – №1. – С.6-13. 6. *Ткачук Н.А., Гриценко Г.Д., Глуценко Э.В., Ткачук А.В.* Программно-аппаратный комплекс для анализа и синтеза моделей элементов сложных механических систем // Вісник НТУ “ХПІ”. Тем. вип. “Динаміка і міцність машин”. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2004. – № 31. – С.154-165. 7. *Зенкевич О.К.* Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 541 с. 8. *Ткачук Н.А., Пономарев Е.П., Медведева А.В., Миргородский Ю.Я., Малакей А.Н., Гриценко Г.Д.* Определение рациональных параметров элементов механических систем // Механіка та машинобудування. – 2001. – № 1, т. 2. – С.308-314.

Поступила в редколлегию 20.09.06