

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ «КОРПУС-НАПОЛНИТЕЛЬ» ПРИ ЛОКАЛЬНОМ ВНЕШНЕМ ВОЗДЕЙСТВИИ

© В. В. Сатокин, А. М. Тонконоженко, В. Н. Харченко

Державне конструкторське бюро «Південне»

Подано результати досліджень напружено-деформованого стану системи «корпус — наповнювач» при локальній зовнішній дії. Дослідження провадились шляхом математичного моделювання системи «корпус — наповнювач» для наповнювача циліндричного типу, міцно з'єднаного з корпусом, з урахуванням реологічних властивостей матеріалу наповнювача.

На систему «корпус — наполнитель» в процессе изготовления и эксплуатации действует комплекс нагрузок. Одной из таких нагрузок является локальная нагрузка. При расчете на прочность корпуса действие локальных нагрузок учитывается, так как вклад их в напряженно-деформированное состояние (НДС) корпуса может быть значительным. При расчете на прочность наполнителя действие локальных кратковременных нагрузок не учитывается [2, 3] и не исследовано.

Для оценки степени влияния на НДС наполнителя локальных нагрузок, действующих на корпус, проведены исследования с использованием системы конечноэлементного анализа ANSYS (рис. 1). Геометрические параметры системы «корпус — наполнитель» взяты из [1]. В качестве материала корпуса выбрана сталь, защитное покрытие и наполнитель выбраны вязкоупругими [3]. При задании реологических свойств вязкоупругих элементов вводились модули ползучести и релаксации в соответствии с [1, 3].

Локальная нагрузка к корпусу прикладывается через приваренную в продольном направлении накладку. Действующие на корпус момент и перерезывающая сила имитировались приложением к корпусу по линии сварного шва нормальных и касательных погонных сил (рис. 1).

Расчет проведен для случая реализации в корпусе максимальных деформаций и напряжений при действии локальной нагрузки. При этом напряжения в корпусе при расчете НДС для всего этапа эксплуатации не превышают допустимых. НДС системы «корпус — наполнитель» и наполнителя представлено на рис. 2—5.

Результаты исследований предназначены для уточнения величин НДС системы «корпус — на-

полнитель» полученного по инженерным методикам (на основе методик, теоретических и экспериментальных исследований, авторами разработана компьютерная программа проектного анализа прочности системы «корпус — наполнитель» [2]) с учетом всех эксплуатационных факторов:

- нагрузок на систему при хранении, наземной эксплуатации и работе (температурный перепад, перегрузки при транспортировке, полетные инерционные и аэродинамические нагрузки, внутрикамерное давление и другие);
- температурных режимов эксплуатации;
- времени действия температурных и силовых нагрузок;
- физико-механических характеристик материалов конструктивных элементов системы.

По полученному НДС определялись запасы прочности системы, которые сравнивались с полученными в [2].

Расчеты показали, что дополнительные напряжения в наполнителе от действия локальной нагрузки не превышают 2 % от эквивалентных напряжений, посчитанных для всего этапа эксплуатации системы «корпус — наполнитель» [2]. Сделан вывод, что внешнее локальное воздействие на систему «корпус — наполнитель», реализующее в корпусе напряжения не превышающие допустимые, на НДС наполнителя цилиндрического типа прочностнокрепленного с корпусом не оказывает влияния.

Дальнейшим этапом исследований будет учет более сложной геометрии наполнителя, например щелей по каналу. Таким образом, помимо физической (вязкоупругость наполнителя), возникнет и геометрическая нелинейность.

Щели — концентраторы напряжений, которые приведут к увеличению напряжений и деформаций

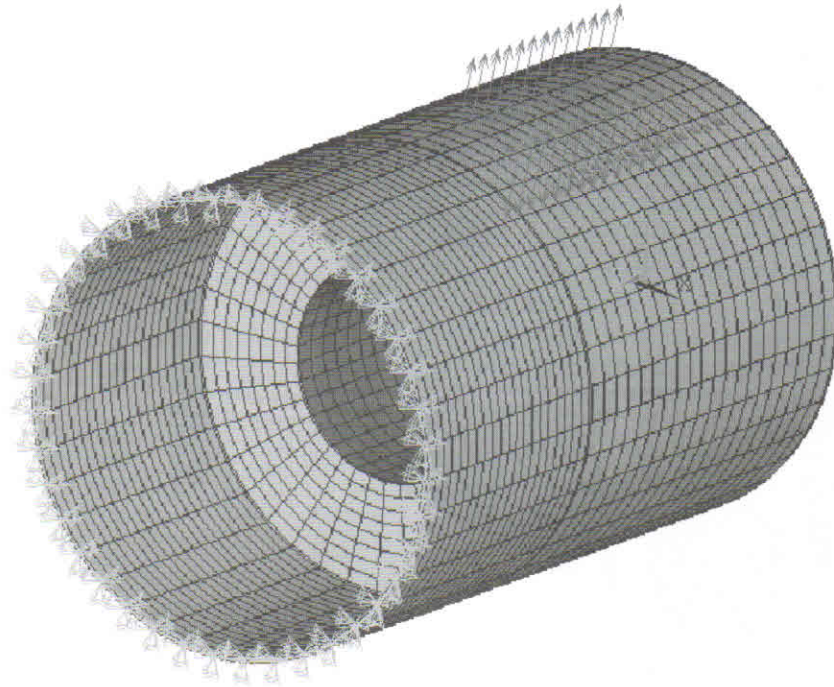


Рис. 1. Конечнoэлементная модель системы «корпус — наполнитель». Схема приложения локальной нагрузки



```
NODAL SOLUTION  
STEP=1  
SUB =1  
TIME=1  
SEQV      (AVG)  
PowerGraphics  
EFACET=1  
AVRES=Mat  
DMX =.441E-03  
SMN =36.901  
SMX =11455  
36.901  
1306  
2574  
3843  
5112  
6380  
7649  
8918  
10186  
11455
```

Рис. 2. НДС наполнителя при действии локальной нагрузки на корпус. Распределение эквивалентных напряжений

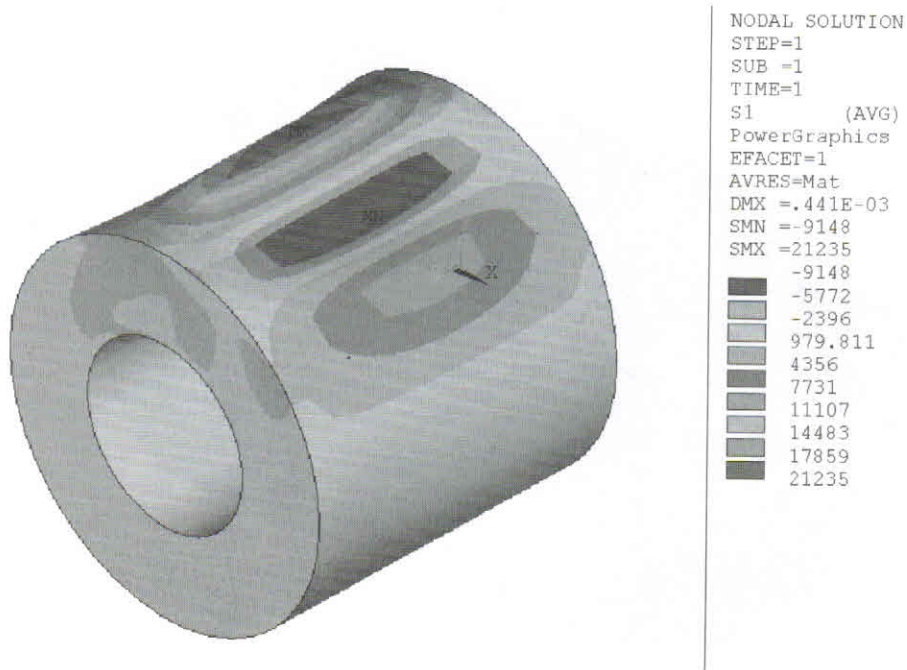


Рис. 3. НДС наполнителя при действии локальной нагрузки на корпус. Распределение главных напряжений

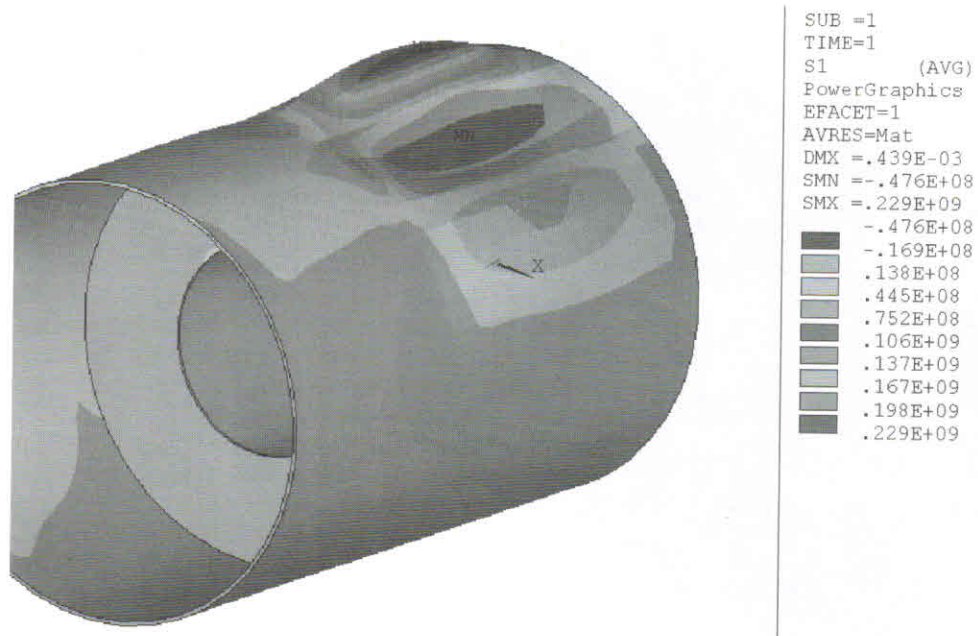


Рис. 4. НДС системы «корпус — наполнитель» при действии локальной нагрузки на корпус. Распределение главных напряжений

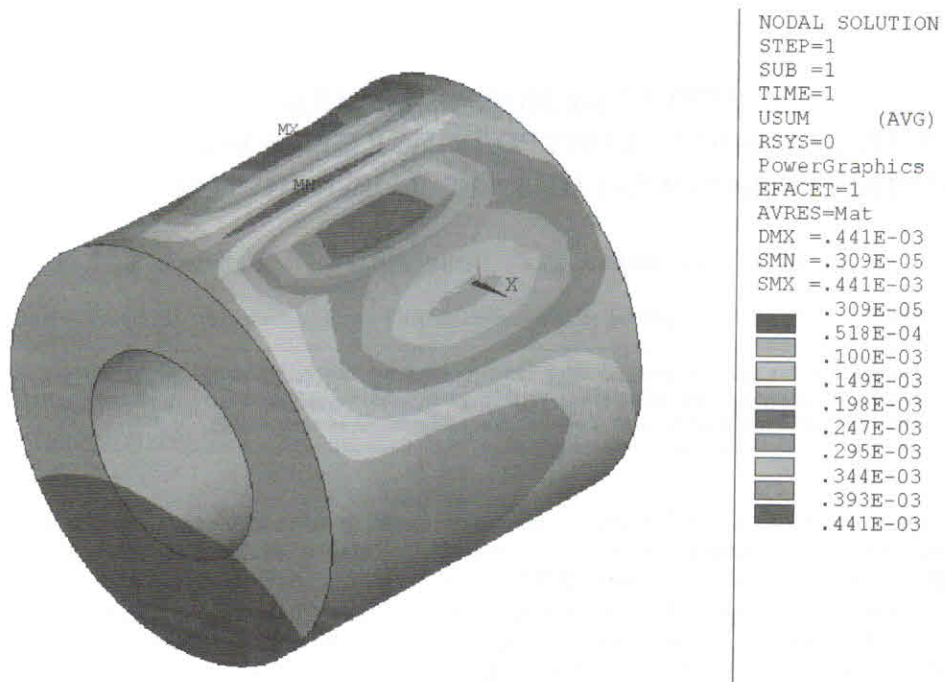


Рис. 5. НДС наполнителя при действии локальной нагрузки на корпус. Распределение деформаций

в наполнителе. В этом случае локальное воздействие на систему «корпус — наполнитель» приведет к дополнительным напряжениям, которые необходимо учитывать при расчете НДС наполнителя. Исследование такой задачи — дальнейший этап работы.

1. Ильющин А. А., Победря Б. Е. Основы математической теории термовязко-вязкоупругости. — М.: Машиностроение, 1985.
2. Сатокин В. В., Харченко В. Н., Тонконоженко А. М., Гамаза Э. А. Разработка компьютерной программы проектного анализа прочности системы «корпус — наполнитель» двигателей твердого топлива космических носителей // Космічна наука і технологія. Додаток.—2002.—8, № 1.—

С. 49—51.

3. Фахрутдинов И. Х. Ракетные двигатели твердого топлива. — М.: Наука, 1970.

STRESSED AND STRAINED STATE OF BODY/FILLER SYSTEM UNDER LOCAL EXTERNAL INFLUENCE

V. V. Satokin, A. M. Tonkonozhenko, V. N. Kharchenko

Results of an investigation of stressed and strained state of a body/filler system under a local external influence are presented. The investigation was carried out by mathematical modelling the body/filler system for the cylinder-type filler fastened rigidly to the body with consideration for properties of the filling material.