

УДК 434.282

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СЕПАРАТОРА РОЛИКОВОГО ПОДШИПНИКА

© 2012 В.Б. Балыкин, В.В. Макарчук, А.В. Урлапкин

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва  
(национальный исследовательский университет)

Поступила в редакцию 7.03.2012

Исследовано напряжённо-деформированное состояние сепаратора авиационного подшипника в зависимости от варианта конструкции. На основе полученных данных сделаны выводы о наиболее целесообразной конструкции, отвечающей требованиям прочности и минимального расхода материала.

Ключевые слова: Сепаратор, метод конечных элементов, напряжённо-деформированное состояние, окружное усилие, эквивалентные напряжения.

В связи с тем, что к конструкциям авиационных изделий предъявляются требования по их минимальной массе, в них для изготовления сепаратора можно использовать полимерные материалы, существенно более лёгкие, чем металлы. Однако полимерные материалы являются дорогостоящими, и поэтому конструкторы стремятся минимизировать затраты, облегчая конструкцию и, тем самым, снижая расход материала на каждую деталь. Не стоит при этом забывать, что облегчение конструкции приводит к снижению её прочностных характеристик. В настоящем исследовании было проведено сравнение различных конструкций сепаратора с целью определения варианта, отвечающего требованиям, как минимального расхода материала, так и необходимого запаса прочности.

Исследовалось напряжённо-деформированное состояние (НДС) трёх вариантов конструкции сепаратора, выполненного из полимера технамида Б-СВ-30М, отличающихся количеством выемок на перемычке: без выемок (рис. 1, а), с 3-мя (рис. 1, б) и с 5-ю выемками (рис. 1, в). Характеристики материала приведены в табл. 1.

Ввиду сложности геометрии детали проведение расчётов по аналитическим зависимостям теории прочности не представляется возможным, поэтому исследование проводилось в среде конечно-элементного программного комплекса «ANSYS».

Объёмные модели различных конструкций сепаратора были получены с использованием

пакета UGS NX 7.0, поскольку средства моделирования в «ANSYS» представлены довольно слабо. Так как детали обладают поворотной симметрией, то достаточно создать сектор каждой из них, составляющий часть от всей модели, кратную числу тел качения, которых в данном случае 15. Полученные 3-D модели затем были экспортаны в препроцессор ANSYS, где на их основе были созданы конечно-элементные модели. На всех моделях была реализована регулярная стека конечных элементов, что повышает точность и снижает время расчёта. Для этого модель была разбита на элементарные объёмы, поверхности которых можно свести к четырёхугольникам. Последующее связывание этих объёмов было осуществлено благодаря подбору размеров и числа элементов таким образом, чтобы узлы соседних элементов совпадали. Далее угловым копированием были получены полные модели сепараторов, к которым прикладывались граничные условия и действующие нагрузки.

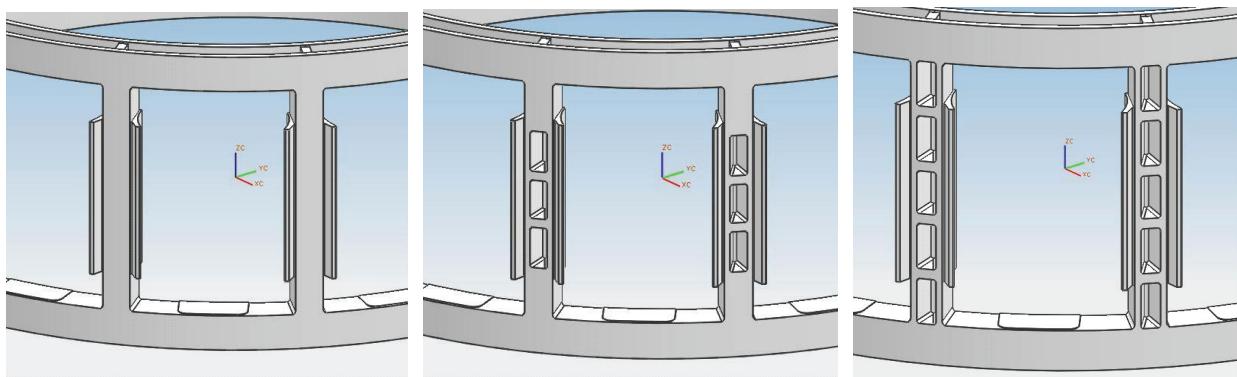
Границные условия представлены запретом на перемещение колец сепаратора в окружном направлении. Нагружение перемычек сепаратора осуществлялось силами, приложенными в узлах по линиям контакта тел качения с удерживающими площадками. Величина силы, действующей на площадку каждой перемычки от ролика, определялась по специальной методике, учитывающей характер нагружения каждого из тел качения [1]. Было рассмотрено три варианта распределения нагрузки в зависимости от точности изготовления сепаратора и роликов:

1. Ролик обладает большей кривизной, чем удерживающая площадка сепаратора; в этом случае контакт осуществляется по линии (рис.2, а).

2. Ролик обладает меньшей кривизной, чем удерживающая площадка сепаратора; в этом случае контакт осуществляется по двум линиям (рис.2, б).

*Балыкин Валерий Борисович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Основы конструирования машин». E-mail: 029-029@mail.ru.*

*Макарчук Владимир Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Основы конструирования машин» Урлапкин Александр Викторович, студент 3-го курса факультета «Двигатели летательных аппаратов». E-mail: sanchez163@bk.ru.*



*a*

*б*

*в*

Рис. 1. Конструкции сепаратора с перемычками: а- без выемок; б- с 3-мя; в- с 5-ю выемками

Таблица 1. Характеристики материала сепаратора

| Параметр | Прочность при растяжении, МПа | Изгибающее напряжение при максимальной нагрузке, МПа | Модуль упругости при растяжении, МПа | Плотность, кг/м <sup>3</sup> | Коэффициент Пуассона |
|----------|-------------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Величина | 140                           | 190  | 7000                                 | 1330                         | 0,44                 |

3. Ролик, и удерживающая площадка имеют одинаковую кривизну; в этом случае контакт происходит по всей поверхности. Данный случай распределения усилий возможен либо при точном изготовлении ролика и сепаратора, либо получается из варианта 1 или 2 приработкой контактирующих поверхностей (рис.2, в).

Величины усилий принимались из условия максимальной радиальной нагрузки, которую может воспринимать подшипник. Для данного подшипника максимальная нагрузка в радиальном направлении составляет 3000 кг, при этом от наиболее нагруженного ролика на перемычку сепаратора передаётся нагрузка в 100 кг.

Проведённый расчёт показал, что характер распределения контакта ролика и сепаратора существенно влияет лишь на НДС на удерживающей площадке сепаратора и оказывает незначительное влияние на величину напряжений в наиболее опасном сечении – месте перехода кольца в перемычку. Также было выявлено, что

величина напряжений в зависимости от величины нагрузки изменяется по линейному закону. Распределение эквивалентных напряжений в опасном сечении для всех трёх вариантов конструкции сепаратора показано на рис. 3.

Величина максимального напряжения составили: для сепаратора без выемок – 100 МПа, с тремя выемками – 107 МПа, с пятью выемками – 223 МПа. Поскольку предел прочности на изгиб для материала сепаратора составляет 190 МПа, очевидно, что деталь, имеющая 5 выемок в перемычке, является неработоспособной. Сепаратор без выемок на перемычках обладает наибольшим запасом прочности из представленных вариантов конструкций, однако, расход материала для него самый большой. Сепаратор с тремя выемками на перемычке требует меньше материала, и при этом запас прочности для него лишь на 7% меньше, чем для сепаратора со сплошными перемычками.

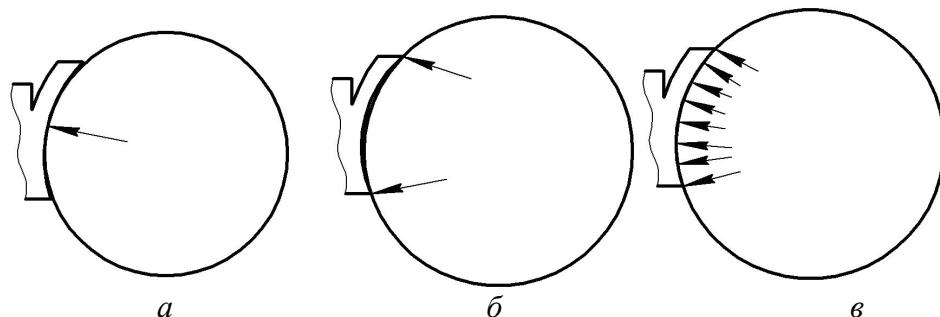
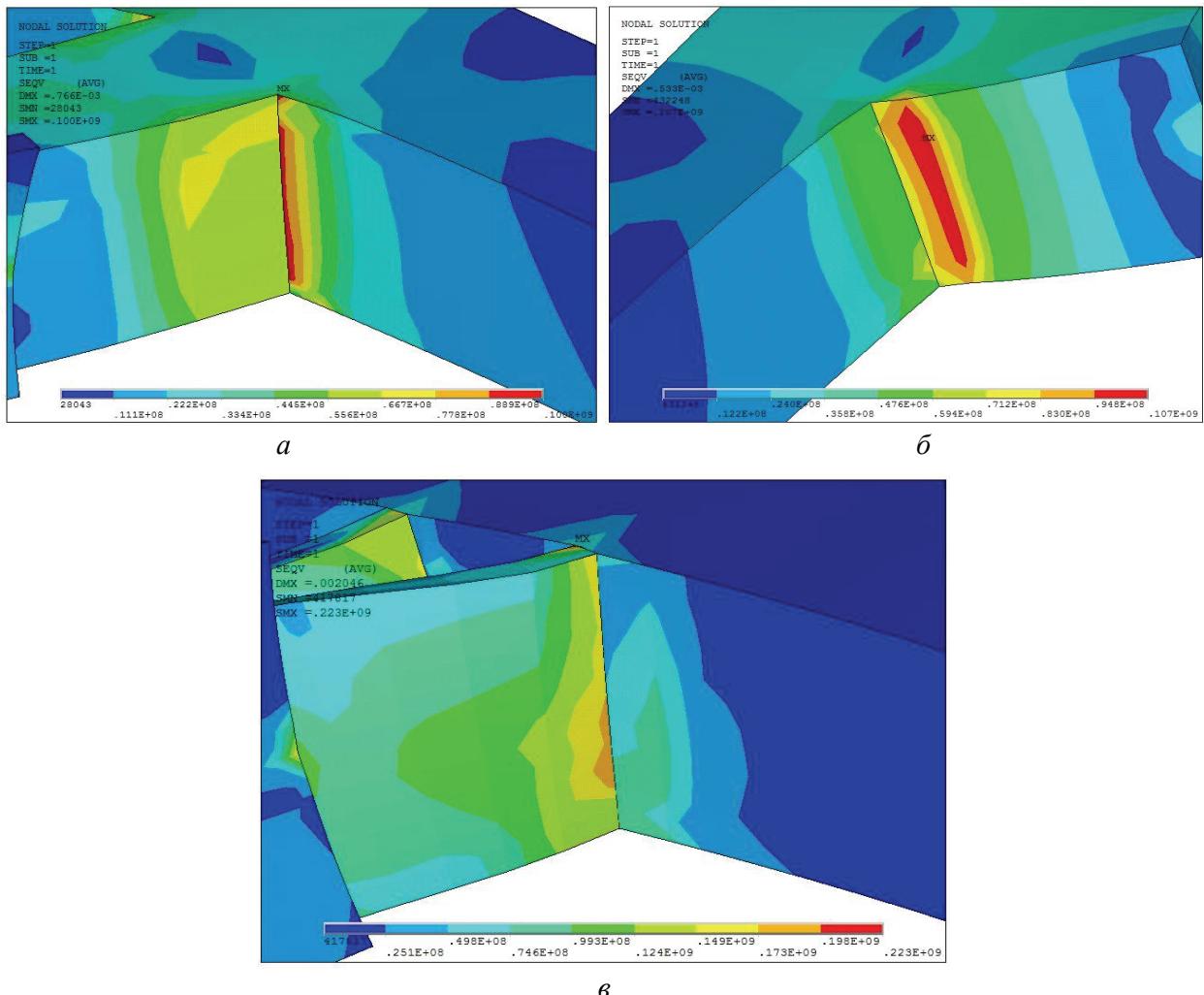


Рис. 2. Варианты распределения нагрузки



**Рис. 3.** Распределение эквивалентных напряжений в опасном сечении сепаратора:  
а – без выемок; б – с 3-мя выемками; в – с 5-ю выемками

Таким образом, наиболее рациональной является конструкция сепаратора с тремя выемками в перемычках, так как из всех рассмотренных она обладает оптимальным соотношением прочностных характеристик и расхода материала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акифьев В.И. Разработка методики расчёта роликовых подшипников опор ГТД с учётом проскальзывания: дисс. ... канд. тех. наук. Самара, 1998. 165 с.

## INVESTIGATION OF STRESS-STRAIN STATE OF ROLLER BEARING CAGE

© 2012 V.B. Balyakin, V.V. Makarchuk, A.V. Urlapkin

Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolyov  
(National Research University)

Investigated the stress-strain state of the cage of aviation bearing according to embodiment. Based on these results conclusions are drawn about the most appropriate design to meet the requirements of strength and minimum material consumption.

Key words: Cage, the finite element method, stress-strain state, the circumferential effort, equivalent stresses.

Valery Balyakin, Doctor of Technics, Professor, Head at the Fundamentals of Machine Design Department.  
E-mail: 029-029@mail.ru.

Vladimir Makarchuk, Candidate of Technics, Associate Professor at the Fundamentals of Machine Design Department.  
Alexander Urlapkin, Student of Third Year at the Faculty "Aircraft Engines". E-mail: sanchez163@bk.ru.