

ОТЗЫВ
официального оппонента
на диссертацию Бойко Светланы Владимировны
«Моделирование формообразования элементов конструкций в
условиях нестационарной ползучести», представленную на соискание
ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела

Развитие современных авиационно-космической отрасли, машиностроения и кораблестроения предполагает использование технологий, которые смогут сохранить ресурс изделия на стадии его изготовления, а также будут обеспечивать снижение веса конструкции при сохранении эксплуатационных характеристик. Достижение этих целей осуществляется за счет использования современных композиционных материалов и легких сплавов из алюминия и титана.

Проектирование процессов формообразования для получения нужной формы изделия из заданного материала требует применения алгоритмов, дающих приемлемую для практики точность. Моделирование должно учитывать физическую нелинейность материала, остаточный ресурс изделия и нестационарные условия нагружения (температуру и усилия).

Диссертационная работа посвящена решению перечисленных выше задач, что несомненно представляет теоретический и практический интерес. Исходя из этого, **актуальность** темы диссертационной работы не вызывает сомнений.

Новыми научными результатами, полученными автором, являются:

- 1) Определены границы применимости разработанного автором модели чистого изгиба балок с учетом различия свойств на растяжение и сжатие;

- 2) Предложен метод решения задачи знакопеременного изгиба балок произвольного сечения с учетом пластичности, ползучести и упругого восстановления;
- 3) Показана возможность усовершенствования модели учетом влияния скорости ползучести от температурной выдержки изделия;
- 4) Предложен способ получения целевой формы оребренной панели, как в условиях ползучести, так и в условиях пластичности для случая цилиндрического изгиба.

Наиболее значимым результатом диссертации является разработка метода решения обратной задачи для чистого изгиба балок на основе метода Нелдера-Мида, как основы для построения форм упреждающих оснасток для формовки оребренных панелей, так и оценки прикладываемых усилий к панели.

Автор продемонстрировал в работе **навыки квалифицированного расчетчика**, владеющего подходами теории ползучести, вычислительными методами механики сплошной среды и знакомого с тонкостями численной реализации задач нелинейной механики в конечноэлементных пакетах.

В диссертации значительное внимание уделено проверке правильности полученных результатов. Это следует отнести к одному из достоинств работы, которое характеризует автора как **сложившегося квалифицированного специалиста**.

Практическая ценность диссертации связана с возможностью использования полученных экспериментальных данных и теоретических зависимостей в моделировании процессов горячего формообразования и инженерных расчетах элементов конструкций, работающих в условиях ползучести. Исследование позволяет развить подходы к созданию

ресурсосберегающих технологий формообразования изделий из современных конструкционных материалов.

В диссертационной работе используется уточненная система определяющих уравнений, учитывающая накопление поврежденности и влияния температурно-силовых воздействий, основанная на энергетическом варианте теории ползучести. **Достоверность полученных результатов** подтверждается корректным использованием уравнений механики деформируемого твердого тела, соотношений метода конечных элементов, метода оптимизации при решении обратных задач, а также сравнением полученных результатов расчетов с известными аналитическими решениями и экспериментальными данными.

Структура и содержание работы.

Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации составляет 133 страницы, включая 34 рисунка и 10 таблиц, список литературы состоит из 100 наименований.

По теме диссертации автором опубликовано 15 работ, из них 2 статьи в рецензируемых журналах по списку ВАК и 3 статьи в журналах, индексируемых в базе данных Scopus. Основные материалы диссертации достаточно полно изложены в указанных публикациях.

Результаты диссертации доложены на 9 российских и международных конференциях.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Замечания по содержанию диссертации.

По диссертации имеются следующие замечания и пожелания:

1. Работа оформлена небрежно, содержит много опечаток, пунктуационных и стилистических ошибок, многие предложения не согласованы. Отметим некоторые из них. Имеют место повторы (стр. 44-45). В некоторых случаях у величин, обозначенных буквенными символами с нижними индексами таковые набраны без них (стр. 50, 51, 59, 110). Так, например, вместо $k_{\varepsilon l}$ приводится $k_{\varepsilon}l$. На стр. 107 не приведено использованное в расчетах значение коэффициента m_2 . В выводах к рис. 3.6 на стр. 110 указано: “Разница между численным расчетом и по ХТ составила 3.” Вероятно имеется ввиду 3%.
2. В списке литературы присутствует ссылка на книгу Ю.Н. Работнова. Следовало бы также привести ссылки на работы Л.М. Качанова с соответствующими дополнениями в обзоре литературы.
3. В п. 2.1.3 диссертации следовало бы более подробно вначале выписать используемую систему уравнений как это сделано в 3.1.1. Из п. 2.1.1, 2.1.2 в принципе вид используемых уравнений понятен. Однако для большей наглядности и понимания физического смысла используемых в уравнениях коэффициентов не лишним это было бы сделать и в п. 2.1.3.
4. При сравнении полученных в диссертации результатов с экспериментальными данными ничего не говорится о статистическом разбросе. Необходимо хотя бы указать количество образцов испытанных при тех или иных условиях эксперимента.
5. В диссертационной работе используется гипотеза о несжимаемости материала в рамках следования классическим идеям Ю.Н. Работнова и О.В. Соснина. В частности, об этом подробно говорится в п. 2.6.1. Считаю вполне оправданным использование такой гипотезы для описания процессов формообразования панелей в процессе ползучести. Для описания процессов длительной

высокотемпературной ползучести и длительной прочности (порядка 10^5 часов), когда деформация полностью определяется разрыхлением материала, следует считать материал сжимаемым и в соответствии с этим формулировать определяющие соотношения.

6. В последние годы все большее распространение и развитие получают различные металлические и полимерные композиционные материалы. Они внедряются практически во все сферы промышленности и строительства, в частности, в авиастроении, ракетостроении, автомобилестроении, судостроении, на железнодорожном транспорте. Было бы интересно, в качестве продолжения работы, применить используемые в диссертационной работе подходы для описания поведения этих материалов при различных температурно-силовых воздействиях и в условиях формовки.

Заключение.

Указанные замечания не снижают ценность и значимость работы. Оценивая работу в целом, следует отметить ее высокий научный уровень, строгую обоснованность решений при изложении их в тексте диссертации, актуальность и ценность результатов как с теоретической, так и с практической точек зрения.

Диссертация Бойко Светалны Владимировны «Моделирование формообразования элементов конструкций в условиях нестационарной ползучести» соответствует специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела (по отраслям: физико-математические науки), имеет внутреннее единство и является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных лично автором исследований и написанных алгоритмов построен метод решения обратной задачи для цилиндрического изгиба оребренной панели, имеющей

важное значение для развития ресурсосберегающих технологий формообразования изделий из современных конструкционных материалов.

Диссертация соответствует требованиям п.п. 9, 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (в ред. постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) в части, касающейся ученой степени кандидата наук, а ее автор, Бойко Светлана Владимировна, достойна присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Кандидат физ.-мат. наук,
старший научный сотрудник
кафедры теории упругости
математико-механического факультета
Санкт-Петербургского государственного
университета

 /A.P. Арутюнян

Почтовый адрес: 198504, Россия, Санкт-Петербург, Петродворец,
Университетский пр., 28
Тел. + 7 (812) 4284164; E-mail: a.arutyunyan@spbu.ru

*Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Университет*.

*Зав. кафедрой управления надежностью
Бойко Светлана Олеговна 0. с. / 08.09.2020*

