

# НАУЧНАЯ ШКОЛА

Компьютерные технологии комплексного  
исследования прочности, устойчивости и  
нелинейных колебаний строительных  
конструкций зданий и сооружений

## Проблемы, решаемые научной школой

- В строительстве и, особенно, в самолетостроении, судостроении, ракетостроении используются, в основном, тонкостенные конструкции. Особенность таких конструкций заключается в том, что они могут терять устойчивость. Поэтому их исследование должно вестись с учетом нелинейных факторов, что порождает существенные математические трудности, связанные с решением нелинейных дифференциальных уравнений, нахождением критических нагрузок (верхних и нижних), решением бифуркационных проблем, ветвлением решения.
- Чтобы повысить работоспособность таких конструкций, их подкрепляют ребрами жесткости, а также они могут содержать технологические вырезы и накладки. Это еще усложняет их расчеты.
- Кроме того, чтобы не задавать большой коэффициент запаса прочности и не утяжелять конструкцию, необходимо проводить более точные расчеты их прочности и устойчивости. Для этого необходимо учитывать возможность развития пластических деформаций и деформаций ползучести в материале. Этот учет порождает серьезные математические проблемы.
- С появлением новых конструкционных материалов (углепластики, стеклопластики, боропластики и др.), которые не уступают по прочности металлам, но существенно легче их, задача еще больше усложняется.
- Наиболее востребованными среди тонкостенных конструкций являются оболочки. Учитывая все перечисленные выше особенности исследования прочности, устойчивости оболочечных конструкций, необходимо разрабатывать более точные математические модели их деформирования, алгоритмы исследования моделей и их программную реализацию, так как промышленные пакеты прикладных программ рассчитанные на широкий круг задач строительной механики, не могут учитывать всех перечисленных выше факторов.
- Проведя вычислительный эксперимент по выявлению особенностей деформирования подкрепленных оболочек из современных материалов, находятся критические ситуации, способы их обхода, оптимальные параметры подкреплений и кривизны и др.

## Руководитель научной школы



**КАРПОВ ВЛАДИМИР ВАСИЛЬЕВИЧ**, доктор технических наук, профессор,  
Заслуженный работник Высшей школы РФ

***Сведения об образовании и основных этапах профессиональной деятельности:***

- специальность: математик (Саратовский государственный университет, механико-математический факультет, 1963);
- автор более 200 научных и учебно-методических работ, в том числе 7 монографий (из них 5 в соавт.) и 14 учебных пособий (из них 11 в соавт.);
- участник более 30 научных конференций;
- член Диссертационного совета при СПбГАСУ;
- девять лет был деканом заочного общетехнического факультета ЛИСИ (СПбГАСУ). Заведовал кафедрами Высшей математики, Сопротивления материалов, Вычислительной математики в различных ВУЗах РФ;
- подготовлен 21 кандидат наук и 3 доктора наук.

## Руководитель научной школы



### *Основные научные достижения:*

- разработана нелинейная теория оболочек ступенчато-переменной толщины (ребра, накладки, вырезы);
- разработан метод последовательного наращивания ребер по оболочке;
- разработан метод последовательного изменения кривизны оболочки;
- разработан вариационно-параметрический метод для исследования устойчивости оболочек и выбора рациональных параметров;
- разработан метод вариационных предельных преобразований для вывода корректных уравнений равновесия (движения) при наличии нерегулярностей;
- доказана эквивалентность подходов к введению ребер В.З. Власова и А.И. Лурье;
- исследована устойчивость пологих ребристых оболочек при статическом и динамическом механическом воздействии и при наличии температурного поля. Исследовано влияние различных факторов на величину критической нагрузки;
- исследована прочность и устойчивость подкрепленных оболочек вращения при линейно- и нелинейно-упругом деформировании и при учете ползучести в материале при длительном нагружении.

## Творческий коллектив научной школы:

В СПбГАСУ работают 6 учеников В.В. Карпова, кандидатов технических наук:

- Панин А.Н. – декан СФ, доцент;
- Семенов А.А. – зав. кафедрой ИТ, доцент;
- Шацков В.В. – доцент кафедры ИТ, доцент;
- Сальников А.Ю. – доцент кафедры ИТ, доцент;
- Москаленко Л.П. – доцент кафедры ИТ;
- Баранова Д.А. – доцент кафедры ИТ.

Кроме того, в работе научной школы принимают участие

- Кобелев Е.А. – зав. кафедрой Механики, доцент;
- Рябикова Т.В. – доцент кафедры Математики, к.ф.-м.н., доцент.

Существует традиция, когда студенты специальностей ПМ и ПМИ занимаются научной работой, а затем поступают в аспирантуру и защищают кандидатские диссертации. В настоящее время в работе научной школы принимают участие

- Бакусов П.А., Каменев И.В., Шаранин В.Ю., Лапина Е.О., аспирант Петров Д.С.

## Основные направления деятельности:

Комплексное исследование прочности, устойчивости и нелинейных колебаний элементов строительных конструкций из современных материалов с учетом нелинейных факторов, а именно:

- Разработка математических моделей процесса деформирования конструкций.
- Разработка алгоритмов исследования математических моделей.
- Разработка программного обеспечения исследования прочности, устойчивости и колебаний элементов строительных конструкций.
- Проведение вычислительных экспериментов для выявления оптимальных параметров и закономерностей процесса деформирования конструкций, в том числе и в критической стадии, необходимых при их проектировании.

## Сведения о выполненных научно-исследовательских работах

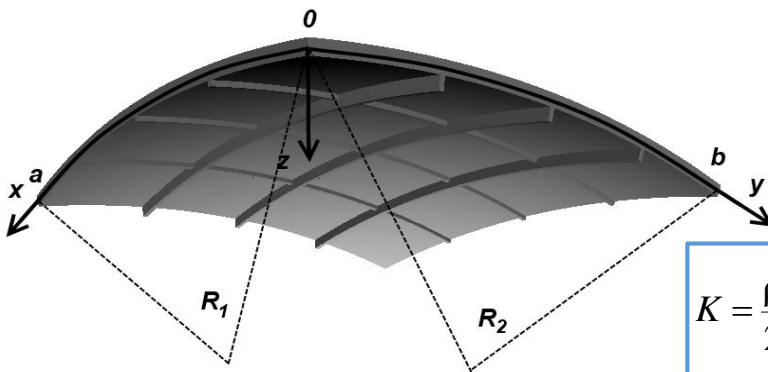
№	Название НИР	Объем и источник	Руководитель и исполнители	Период
1	Математическое и программное обеспечение расчетов прочности и устойчивости подкрепленных оболочек вращения (№ 8.1046.2011)	1.6 млн. р. (Госзадание)	<b>Карпов В.В.</b> , Атисков А.Ю., Баранова Д.А., Семенов А.А., Горячевских А.В., Лочакова Н.В., Холод Д.В., Москаленко Л.П., Асеев А.В.	01.01.2013 – 31.12.2013
2	Математическое и программное обеспечение расчетов прочности и устойчивости подкрепленных оболочек вращения (№ 331)	1.2 млн. р. (Госзадание)	<b>Карпов В.В.</b> , Баранова Д.А., Семенов А.А.	01.01.2014 – 31.12.2014
3	Комплексное исследование прочности, устойчивости и нелинейных колебаний подкрепленных оболочечных конструкций на основе разработанных программных продуктов (№ 3801)	1.6 млн. р. (Госзадание)	<b>Карпов В.В.</b> , Рябикова Т.В., Семенов А.А.	01.01.2015 – 31.12.2016
4	Исследование устойчивости и прочности гладких и подкрепленных пологих оболочечных конструкций (ПСП № 15910)	0.1 млн. р. (грант КНВШ)	<b>Карпов В.В.</b> , Семенов А.А.	02.03.2015 – 30.09.2015
5	Анализ влияния расположения ребер жесткости относительно срединной поверхности на прочность и устойчивость панелей ортотропных цилиндрических оболочек (ПСП № 16026)	0.2 млн. р. (грант КНВШ)	<b>Карпов В.В.</b> , Семенов А.А.	01.05.2016 – 31.10.2016
6	Анализ напряженно-деформированного состояния и прочности ортотропных оболочечных конструкций, точно закрепленных по контуру (ПСП № 17117)	0.2 млн. р. (грант КНВШ)	<b>Карпов В.В.</b> , Семенов А.А.	01.05.2017 – 31.10.2017

## Результативность работы научной школы за период 2013-2018 гг.

Показатели	Количество
- Количество защищенных диссертаций участниками научной школы:	
- докторских	0
- кандидатских	1
- Сведения об изданных монографиях в рамках научной школы;	1
- сведения об опубликованных статьях:	
- в изданиях по перечню ВАК;	21
- в изданиях, индексируемых в Scopus и WoS;	18
- Информация об участии в конкурсах на получение грантов;	регулярно
- Количество полученных патентов и свидетельств;	5
- Информация об участии в научных конференциях, форумах, симпозиумах	
- Международных;	16
- Всероссийских.	6



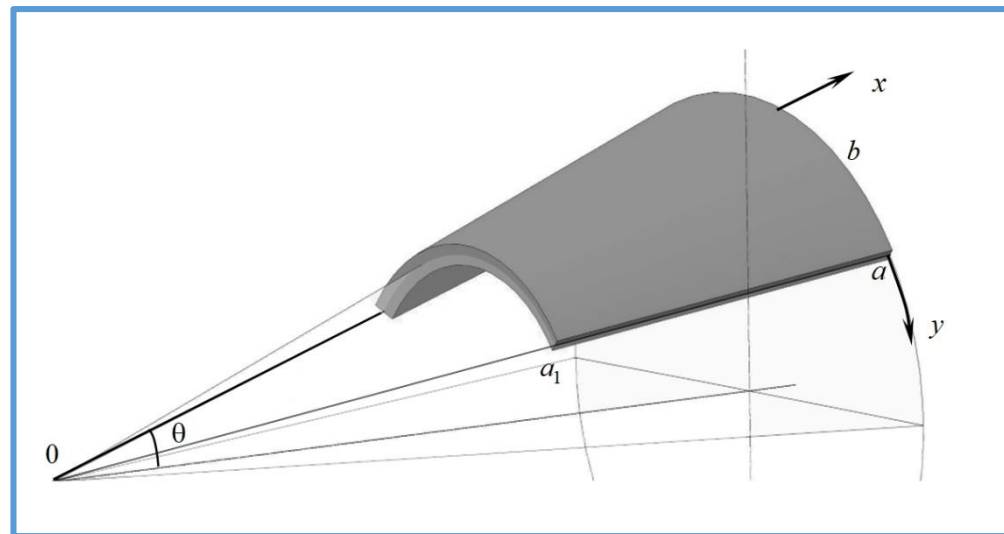
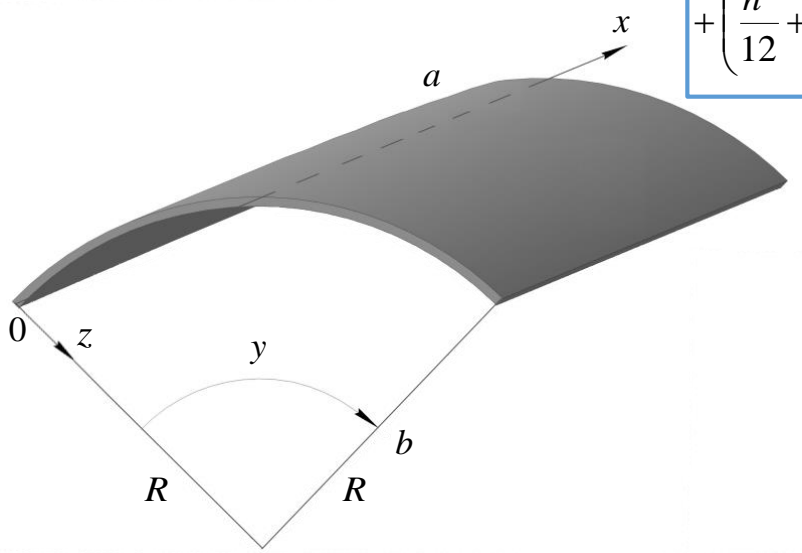
$$I = \int_{t_0}^{t_1} (K - E_p) dt,$$



$$E_p = \frac{E_1}{2(1-\mu_{12}\mu_{21})} \int_{a_1}^b \int_0^a \left\{ (h+F) \left[ \varepsilon_x^2 + \bar{G}_2 \varepsilon_y^2 + 2\mu_{21} \varepsilon_x \varepsilon_y + \bar{G}_{12} \gamma_{xy}^2 + \bar{G}_{13} k (\Psi_x - \theta_1)^2 + \bar{G}_{23} k (\Psi_y - \theta_2)^2 \right] + \right. \\ \left. + 2\bar{S} (\varepsilon_x \chi_1 + \mu_{21} \varepsilon_x \chi_2 + \mu_{21} \varepsilon_y \chi_1 + \bar{G}_2 \varepsilon_y \chi_2 + 2\bar{G}_{12} \gamma_{xy} \chi_{12}) + \right. \\ \left. + \left( \frac{h^3}{12} + J \right) (\chi_1^2 + \bar{G}_2 \chi_2^2 + 2\mu_{21} \chi_1 \chi_2 + 4\bar{G}_{12} \chi_{12}^2) - 2 \frac{q(1-\mu_{12}\mu_{21})}{E_1} W \right\} AB dx dy$$

$$K = \frac{\rho}{2} \int_{a_1}^b \int_0^a \left\{ (h+F) \left[ \left( \frac{\partial U}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial V}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial W}{\partial t} \right)^2 \right] + 2\bar{S} \left[ \frac{\partial U}{\partial t} \frac{\partial \Psi_x}{\partial t} + \frac{\partial V}{\partial t} \frac{\partial \Psi_y}{\partial t} \right] + \right. \\ \left. + \left( \frac{h^3}{12} + J \right) \left[ \left( \frac{\partial \Psi_x}{\partial t} \right)^2 + \left( \frac{\partial \Psi_y}{\partial t} \right)^2 \right] \right\} AB dx dy.$$

$$\bar{G}_{12} = \frac{G_{12}(1-\mu_{12}\mu_{21})}{E_1}, \quad \bar{G}_{13} = \frac{G_{13}(1-\mu_{12}\mu_{21})}{E_1} \\ \bar{G}_{23} = \frac{G_{23}(1-\mu_{12}\mu_{21})}{E_1}, \quad \bar{G}_2 = \frac{E_2}{E_1}; \quad k = \frac{5}{6}.$$

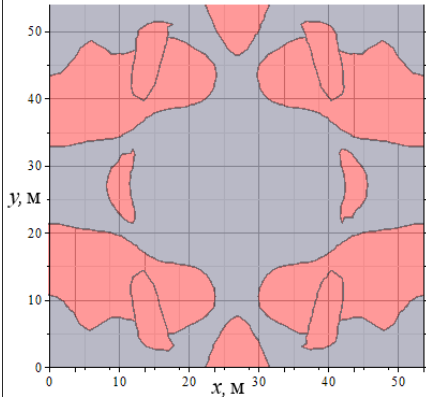
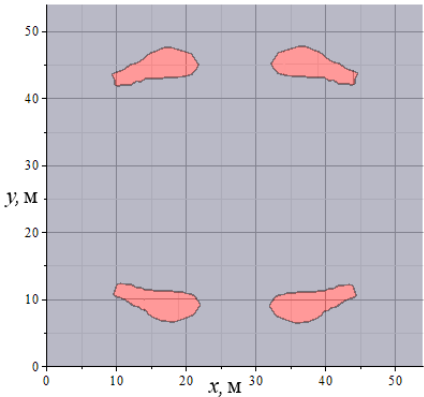


Область потери прочности при нагрузке  $q$

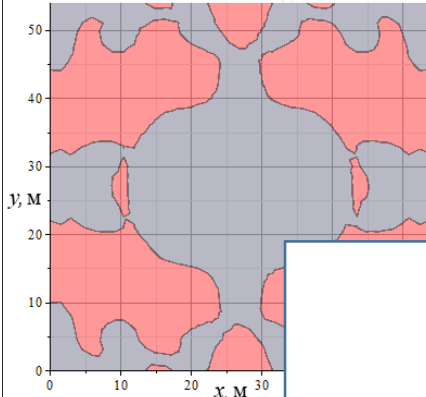
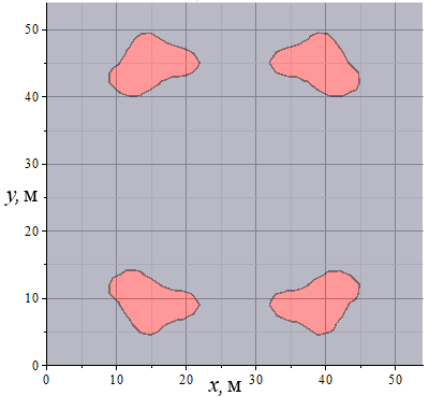
0.039 МПа

0.051 МПа

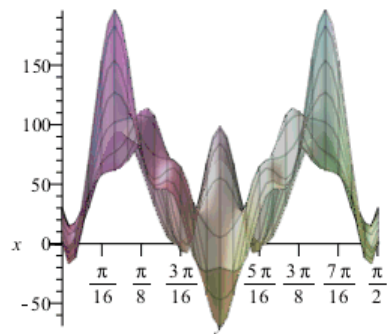
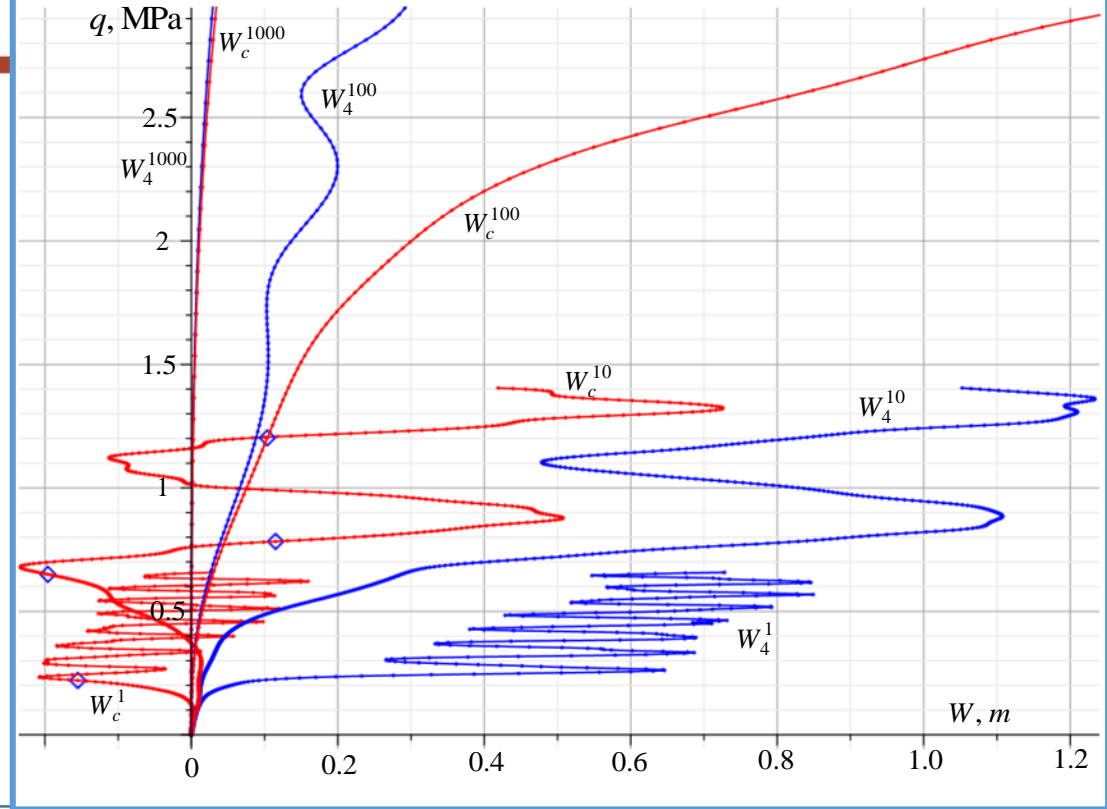
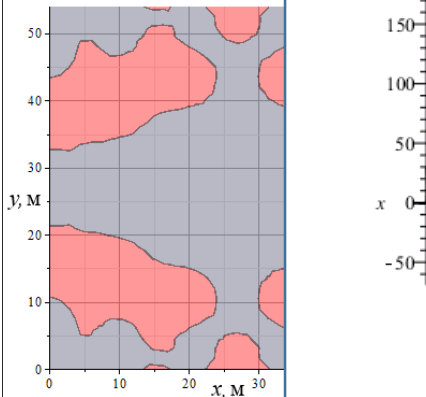
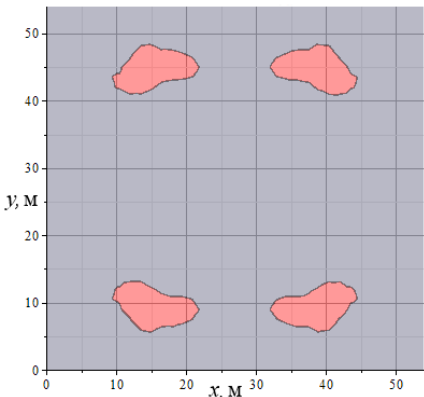
Критерий максимальных напряжений



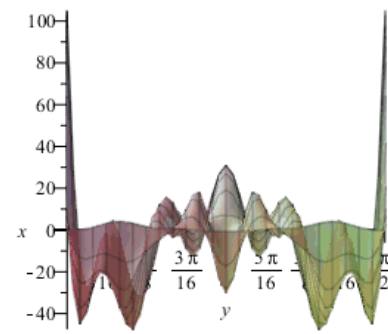
Критерий Мизеса – Хилла



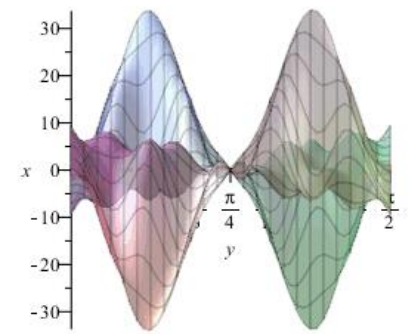
Критерий Фишера



$\sigma_x$ , МПа



$\sigma_y$ , МПа



$\tau_{xy}$ , МПа



$\bar{W}$

